

3011
A54
1991-92

ANNUAL LETTER

1991-92



INSTITUTE OF TROPICAL FORESTRY
RÍO PIEDRAS, PUERTO RICO

SOUTHERN FOREST EXPERIMENT STATION
U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE
FOREST SERVICE

ANNUAL LETTER

1991-92

INSTITUTE OF TROPICAL FORESTRY
RÍO PIEDRAS, PUERTO RICO

SOUTHERN FOREST EXPERIMENT STATION
U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE
FOREST SERVICE

LIBRARY COPY
ROCKY MT. FOREST & RANGE
EXPERIMENT STATION

Southern Forest Experiment Station
Institute of Tropical Forestry
Call Box 25000
Río Piedras, PR 00928-2500
August 1993

Dear friends:

This letter covers the period between October 1, 1991, and September 31, 1992. This is the last Annual Letter from the Institute of Tropical Forestry (ITF). The next Annual Letter will be issued by the International Institute of Tropical Forestry (IITF). The difference is in the focus and breadth of the program. The ITF program centered on research, whereas the IITF program will have a broader scope that includes international and nonresearch activities. This letter continues the precedent set last year by providing a broad review of our programs in progress at the Institute. As usual, Tables 1-3 provide a summary of Institute activity, we also include a list of publications available for distribution. We ask all our collaborators and friends to send us information on their programs and copies of their publications so that we may maintain a high level of communication among those of us interested in tropical forest conservation.

Sincerely,

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Ariel E. Lugo', with a stylized, cursive script.

Ariel E. Lugo

**Estación Experimental de los Bosques del Sur
Instituto de Dasonomía Tropical
Call Box 25000
Río Piedras, PR 00928-2500
agosto 1993**

Estimados amigos:

Esta carta cubre el período de tiempo entre el 1 de octubre de 1991 y el 31 de septiembre de 1992. Esta es la última carta anual bajo la siglas del Instituto de Dasonomía Tropical. La próxima carta anual incluirá la expansión del Instituto de Dasonomía Tropical al Instituto International de Dasonomía Tropical. La diferencia está en la amplitud de los programas, de uno basado principalmente en la investigación científica a uno con dimensiones internacionales y programáticas más extensas. Esta carta anual sigue la tradición establecida en la carta anterior en la cual presentamos una variedad más amplia de los trabajos de investigación en progreso en el Instituto. Además, presentamos en las Tablas 1 al 3, un resumen de actividades del Instituto al igual que la lista de publicaciones disponibles a nuestros colegas. Le pedimos a todos los lectores que nos envíen comentarios y publicaciones de sus trabajos para incrementar la comunicación entre los que estamos interesados en la conservación de bosques tropicales.

Cordialmente,



Ariel. E. Lugo

INSTITUTE OF TROPICAL FORESTRY ANNUAL LETTER

1992 Contents

	Page
Ecological Research <i>Ariel E. Lugo</i>	1
Long-Term Avian Research <i>Wayne J. Arendt</i>	9
Forest Entomology <i>Juan A. Torres</i>	11
Termite Research <i>Susan Jones and Juan A. Torres</i>	13
Photographic Field Guide to the Trees of the Tapajós National Forest, Brazil <i>John A. Parrotta and John K. Francis</i>	14
The Interaction Between Climate and Tree Species Distribution in the Luquillo Experimental Forest <i>Whendee Silver</i>	15
Global Change Studies <i>Michael Keller</i>	16
Earthworm Diversity and Ecology in the Bisley Watersheds and El Verde, Luquillo Experimental Forest <i>Sonia Borges</i>	18
Forestry Research and Management <i>Peter L. Weaver</i>	20
Social Ecology <i>Robert Walker</i>	22
Technology Transfer <i>Frank H. Wadsworth</i>	24
Watershed Studies <i>F.N. Scatena</i>	26
Chemistry Laboratory <i>Mary Jeane Sánchez</i>	29

	Page
Silvicultural Research <i>John K. Francis</i>	31
Wildlife Research <i>Joseph M. Wunderle, Jr.</i>	32
Table 1	35
Table 2	40
Table 3	42
Appendix (Recent Publications of the Institute of Tropical Forestry)	49
Versión en Español	65

CARTA ANUAL DEL INSTITUTO DE DASONOMÍA TROPICAL

1992
Contenido

	Página
Investigaciones Ecológicas <i>Ariel E. Lugo</i>	66
Investigaciones de Aves a Largo Plazo <i>Wayne J. Arendt</i>	74
Entomología Forestal <i>Juan A. Torres</i>	76
Investigaciones en Termitas <i>Susan Jones y Juan A. Torres</i>	78
Guía de Campo Fotográfica de los Árboles del Bosque Nacional de Tapajós, Brasil <i>John A. Parrotta y John K. Francis</i>	79
La Interacción entre el Clima y la Distribución de Especies de Árboles en el Bosque Experimental de Luquillo <i>Whendee Silver</i>	80
Estudios de Cambios Globales <i>Michael Keller</i>	82
Diversidad y Ecología de los Oligoquetos Terrestres en Bisley Watershed y el Verde, Bosque Experimental de Luquillo <i>Sonia Borges</i>	84
Investigación y Manejo Forestal <i>Peter L. Weaver</i>	86
Ecología Social <i>Robert Walker</i>	88
Transferencia de Tecnología <i>Frank H. Wadsworth</i>	90
Estudios de las Cuencas <i>F.N. Scatena</i>	92
Laboratorio de Química <i>Mary Jeane Sánchez</i>	95

	Página
Investigaciones Silviculturales <i>John K. Francis</i>	97
Investigación de Vida Silvestre <i>Joseph M. Wunderle, Jr.</i>	98
Tabla 1	35
Tabla 2	40
Tabla 3	42
Apéndice (Publicaciones Recientes del Instituto de Dasonomía Tropical)	49

ECOLOGICAL RESEARCH

Ariel E. Lugo
Ecologist

COMPARISON OF TROPICAL TREE PLANTATIONS WITH SECONDARY FORESTS OF SIMILAR AGE

The structure and dynamics of small plantations of pine (*Pinus caribaea*; 4 and 18.5 yr old in 1980) and mahogany (*Swietenia macrophylla*; 17 to 49 yr old in 1980) were compared with those of paired secondary forest stands of similar ages growing adjacent to each other under similar edaphic and climatic conditions (Lugo 1992a). The study was conducted in the Luquillo Experimental Forest between 1980 and 1984. Comparisons included a variety of demographic, production, and nutrient-cycling characteristics of stands. Although the small, unmanaged plantations had a lower number of species in the understory than paired secondary forests, the understory of the older plantations developed high species richness, including many native tree species. After 17 years, native tree species invaded the overstory of plantations. After 50 years, the species richness in the understory of a mahogany plantation approached that of its paired secondary forest. Plantation understories had important ecological roles, including high nutrient accumulation. Understory plant tissue, particularly leaf litter, had higher nutrient concentration in pine plantations than in paired secondary forests. Understory biomass in plantations accumulated a higher proportion of the total nutrient inventory in the stand than did the understory in paired secondary forests. Plantations had higher aboveground biomass and net aboveground biomass production than paired secondary forests. Higher root densities and biomasses were found in secondary forests than those of paired plantations as well as greater depth of root penetration, higher nutrient concentration in roots, and more microsites where roots grow.

These characteristics may improve the capacity of secondary forests relative to that of paired plantations to rapidly recapture nutrients that become available by mineralization and that could otherwise be lost through hydrological or gaseous pathways. Both forest types accumulated nutrients and mass, but secondary forests recirculated nutrients much faster than the plantations, which tended to store the nutrients (fig. 1). Plantations had: higher leaf fall and total litterfall; litterfall with lower nutrient concentrations; accumulated more nutrients in litter; decomposed more litter on an annual basis; exhibited more variation in the spatial distribution of litter mass; and more month-to-month variation in litter storage than paired secondary forests. Litter of the secondary forests, on the other hand, had a faster nutrient turnover than plantation litter, though plantations retranslocated more nutrients before leaf fall than did secondary forests. Nutrient retranslocation increased with plantation age. Plantations, particularly pine plantations, produced more litter mass per unit nutrient return than did paired secondary forests. Total nutrient storage in soil gave the best correlation with nutrient-use efficiency estimated as element:mass ratios in various compartments. Nutrient-use efficiency ranked differently among forest pairs, depending upon which nutrient and ecosystem parameters were being compared. Because of high retranslocation of nutrients, and in spite of greater nutrient "need" to produce higher biomass, plantations had nutrient demands on soil similar to those of paired secondary forests. Among the ecosystem parameters measured, nutrients in leaf fall correlated best with differences in soil nutrients across stands. Nutrient concentration in understory species appeared to be a sensitive indicator of whole-stand nutrient-use efficiency. Some of

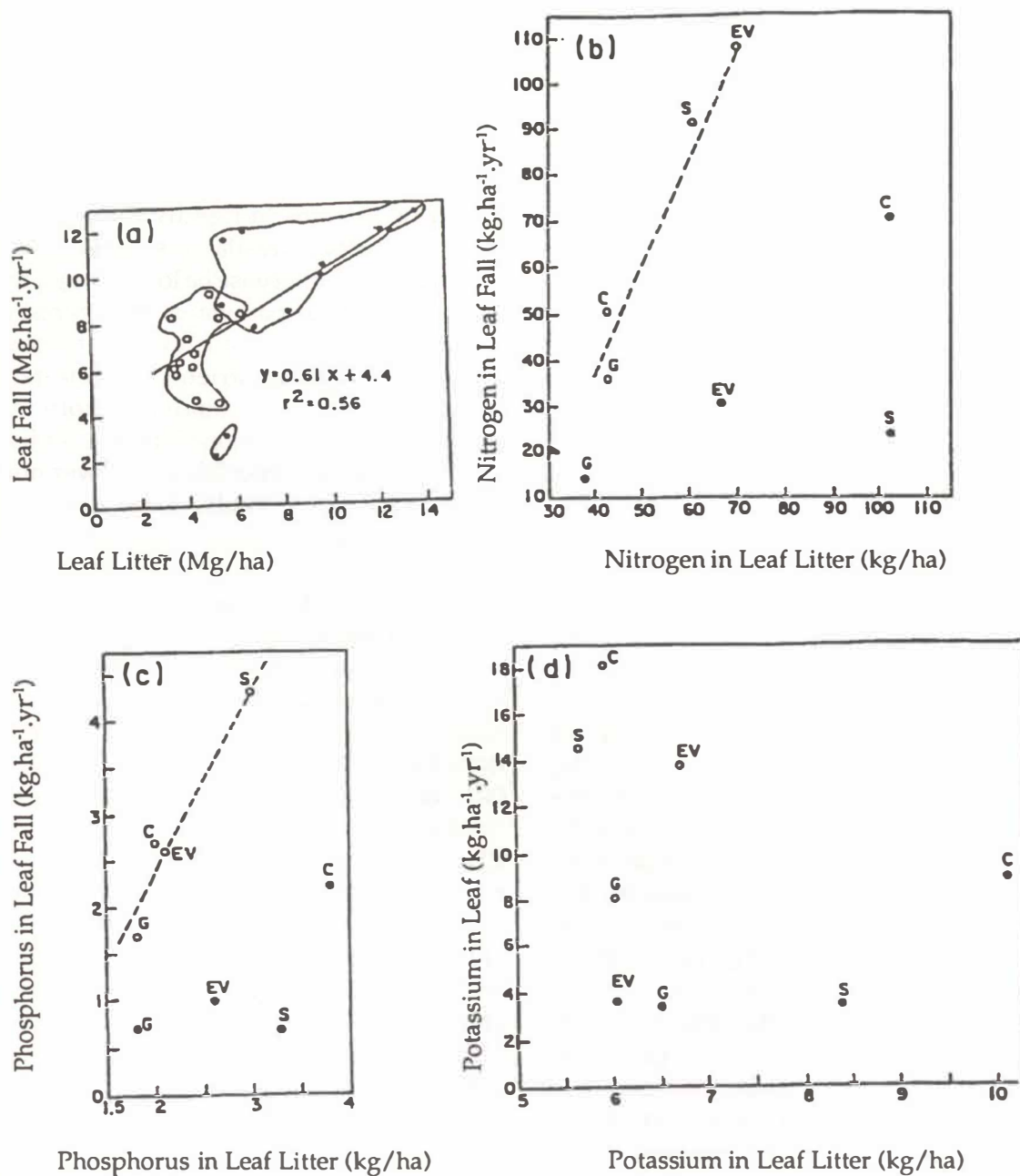
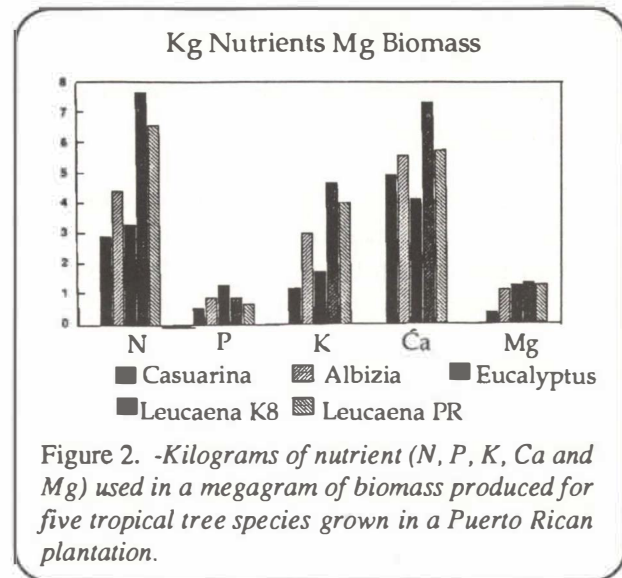


Figure 1. -Relation between leaf litter mass (a) or nutrient content (b, c, and d) and leaf fall (a) or nutrient return by leaf fall (b, c, and d). Data are for plantations (•) of *Pinus caribaea* (Guzmán [GP-4] and Cubuy [CP-18.5]) and *Swietenia macrophylla* (Sabana [SP-17] and El Verde [EVP-49] and paired secondary forests [GNF, CNF, SNF, and EVNF, respectively] (o) in the Luquillo Experimental Forest. Guzmán is G, C is Cubuy, S is Sabana, and EV is El Verde. Trends with $r^2 > 0.5$ are shown, but only the trends for P and mass are significant at $P < .05$. Dashed lines are used for secondary stands and a solid line for all stands. The slope of each of these relations represents turnover rate of mass or nutrients.

the observations of the study could be attributed to intrinsic differences between small, unmanaged plantations and secondary forests, but many could be explained by species differences (i.e., timing of leaf fall), age of plantation (i.e., accumulation of biomass or species), or the relative importance of angiosperms and gymnosperms (i.e., nutritional quality of litter). The study challenges the conventional dogma with respect to differences between plantations and native successional ecosystems. It underscores the dangers of generalizing about all tropical tree plantations or all natural tropical forests. The study even shows the potential for extrapolating from one sector of the ecosystem to another.

COMPARISON OF NUTRIENT-USE EFFICIENCY AND BIOMASS PRODUCTION IN FIVE TROPICAL TREE TAXA

Casuarina equisetifolia, *Albizia procera*, *Eucalyptus robusta*, and two varieties of *Leucaena leucocephala* (K8 and P.R.) were grown for 5.5 years in an experimental plantation in the Lajas Valley of Puerto Rico (18° N., 67° W.) (Wang *et al.* 1991). Rates of biomass accumulation were high, resulting in correspondingly high rates of nutrient accumulation in harvestable biomass (table 1). A comparison among species and tissue types within species indicated that



nutrient-use efficiency for N, P, K, Ca, and Mg varied widely among species (ranging up to tenfold differences) and tissues (up to fifteenfold) (fig. 2). With the highest growth rate, *Casuarina* was most efficient in using nutrients (N, P, K, and Mg) to build biomass. With a quarter of *Casuarina*'s growth rate, *Leucaena* K8 was the least efficient (N, K, Ca, and Mg). For most of the studied nutrients, stem wood and large branches were the most nutrient-efficient tissues followed by small branches, bark, and leaves. Nutrients stored in the litter layer below these species varied up to threefold among species. Using a variety of species and biomass harvest scenarios,

Table 1. -Aboveground nutrient accumulation (kg ha^{-1}) for bole^a vs. whole-tree harvest after 5.5 years.

Species	N		P		K		Ca		Mg		Na	
	Bole	Whole	Bole	Whole	Bole	Whole	Bole	Whole	Bole	Whole	Bole	Whole
<i>Casuarina equisetifolia</i>	200 (55)	560 (120)	66 (30)	119 (37)	92 (29)	210 (50)	490 (105)	940 (150)	41 (14)	103 (21)	75 (23)	176 (39)
<i>Albizia procera</i>	380 (81)	540 (80)	81 (18)	102 (18)	280 (63)	370 (65)	560 (115)	690 (120)	100 (20)	132 (21)	46 (24)	51 (24)
<i>Eucalyptus robusta</i>	134 (33)	200 (40)	61 (12)	78 (13)	62 (10)	105 (14)	150 (40)	270 (45)	36 (8)	81 (12)	26 (6)	49 (10)
<i>Leucaena leucocephala</i> K8	280 (33)	370 (35)	31 (5)	39 (6)	160 (30)	220 (30)	255 (30)	330 (35)	43 (5)	60 (6)	7.5 (3.4)	8 (3)
<i>Leucaena leucocephala</i> P.R.	148 (21)	210 (20)	18 (6)	23 (6)	88 (13)	127 (14)	100 (15)	190 (25)	23 (3)	39 (4)	1.2 (0.8)	3 (2)

^aBole equals stem plus large branches, including bark (see text). Standard deviations of means in parentheses.

this study demonstrated the potential for significant alterations in the high rates of nutrient removal associated with short-rotation, intensively managed plantations.

From the study of the ecology of tree plantations and analysis of the literature, it was evident that plantations allowed the development of species-rich understories (table 2) with large accumulations of nutrients in the litter compartment (table 3). Properly managed tree plantations could thus be used to rehabilitate damaged forest lands (Lugo 1992b).

WOOD DENSITY OF TROPICAL TREES

Wood density information for a large number of tropical tree species was presented in units of oven-dry weight in grams-per-cubic-centimeter of green volume (Reyes *et al.* 1992). The data base includes 1,280 entries from tropical America (40 percent), tropical Asia (36 percent), and tropical Africa (24 percent). The most

frequent wood densities were 0.5 to 0.8 g/cm³. In all three tropical continents, the most frequent class was the 0.5 to 0.6 g/cm³ (fig. 3). These data are useful for a wide variety of practical and scientific applications, including the estimation of forest stand biomass from wood volume data.

ABOVEGROUND BIOMASS ESTIMATES FOR TROPICAL MOIST FORESTS OF THE BRAZILIAN AMAZON

One of the major uncertainties in estimating the effect of forest clearing on atmospheric carbon dioxide in the part of Brazil's Amazon in which clearing is legal is the biomass or carbon content of the forests. Using data from large-scale forest inventories done in the 1950's and 1960's, aboveground biomass estimates that ranged from 90 to 397 Mg/ha, with an area weighted mean of 268 Mg/ha were obtained (Brown and Lugo 1992). Based on data from a Legal Amazon-wide inventory done about two

Table 2. -Stem density and species of understory plants in 14 tropical tree plantations in the Luquillo Experimental Forest. Sampling area was 100 m², and all plants with diameter ≥ 0.5 and < 4 cm were measured. Results are representative of the plantations, but conservative because all plantations were periodically weeded (Lugo 1988, Lugo 1992). Also, older plantations had additional tree species (ingrowth) with d.b.h. > 4 cm.

Plantation species	Plantation	Stem density	Number of understory species
	yr	Stems/0.1 ha	
<i>Anthocephalus chinensis</i>	26	2,450	20
<i>Eucalyptus patentinervis</i>	27	4,400	26
<i>E. saligna</i>	25	2,330	20
<i>Hernandia sonora</i>	27	8,270	28
<i>Hibiscus elatus</i>	27	2,900	30
<i>Khaya nyasica</i>	27	4,790	27
<i>Pinus caribaea</i>	9	2,510	17
	23	3,980	16
	27	2,400	24
<i>P. elliottii</i>	27	3,120	29
<i>Swietenia macrophylla</i>	22	6,270	26
	26	2,420	29
	54	10,680	31
<i>Terminalia ivorensis</i>	24	6,460	31

Table 3. - Accumulation of mass and nutrients in the litter compartments of tropical tree plantations in Puerto Rico. All sites were used by agriculturists before plantation establishment.

Plantation species	Age	Mass	Nutrients				
			N	P	K	Ca	Mg
	yr	Mg/ha	----- kg/ha -----				
<i>Albizia procera</i>	5.5	10.2	159	†	11	77	23
<i>Anthocephalus chinensis</i>	26.0	14.3	97	4.0	28	115	33
<i>Casuarina equisetifolia</i> *	5.5	16.2	256	-	18	150	29
<i>Eucalyptus patentinervis</i>	27.0	15.1	75	2.4	35	208	43
<i>Eucalyptus robusta</i> *	5.5	11.8	100	-	12	64	22
<i>Eucalyptus saligna</i>	25.0	14.2	91	3.3	26	156	27
<i>Hernandia sonora</i>	27.0	5.1	91	5.5	16	37	19
<i>Hibiscus elatus</i>	27.0	9.9	92	4.4	34	134	40
<i>Khaya nyasica</i>	27.0	14.7	126	3.7	23	104	25
<i>Leucaena leucocephala</i> *							
var. K-8 (exotic)	5.5	7.0	138	-	12	75	15
<i>Leucaena leucocephala</i> *							
var. P.R. (native)	5.5	6.5	133	-	11	45	13
<i>Pinus caribaea</i>	6.0	6.2	44	2.2	8	-	-
	20.0	15.2	123	4.7	12	-	-
	27.0	27.2	187	8.9	46	102	37
<i>Pinus elliottii</i>	27.0	23.8	166	7.8	45	118	39
<i>Swietenia macrophylla</i>	20.0	11.4	140	4.7	11	-	-
	26.0	12.0	140	4.1	34	201	35
	51.0	8.3	94	3.7	8	-	-
<i>Terminalia ivorensis</i>	24	6.2	55	2.1	15	84	17

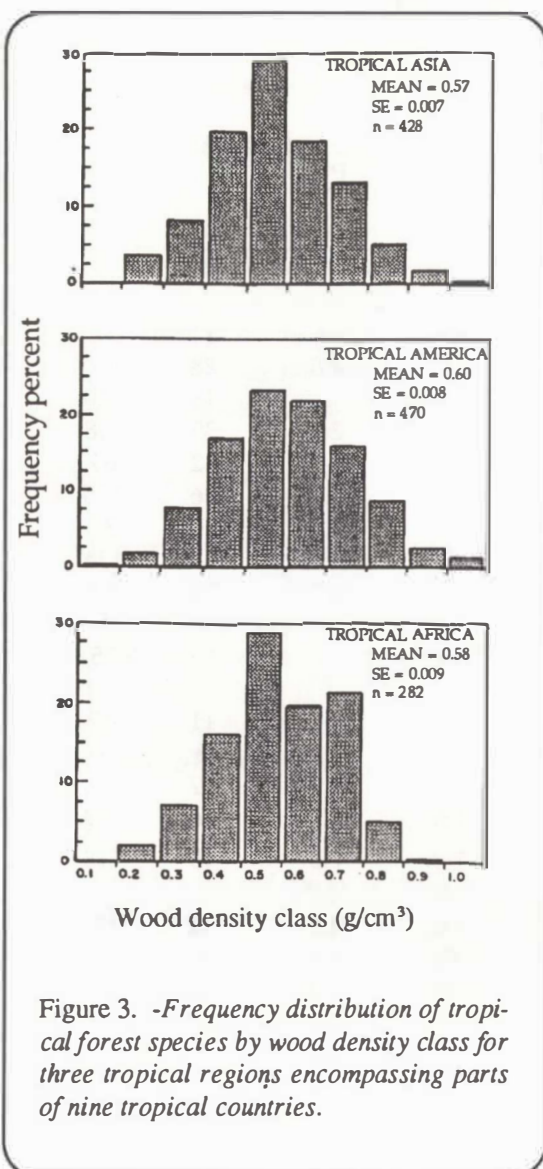
*These plantations were watered and fertilized.

†Not measured.

decades later, forest biomass estimates ranged from 85 to 330 Mg/ha with a weighted mean of 162 Mg/ha. Biomass estimates based on small-scale studies (direct or indirect methods of estimation) ranged from between 330 to 550 Mg/ha, which is well outside the range of those from large-scale inventories (fig. 4). Small-scale studies are inappropriate for biomass estimation because of the problem of sampling large trees. The estimates based on large-scale inventories present a more realistic picture of the biomass of Amazonian forests, and we suggest that the differences in biomass between the two inventory periods are due to degradation of forests by humans in the intervening period.

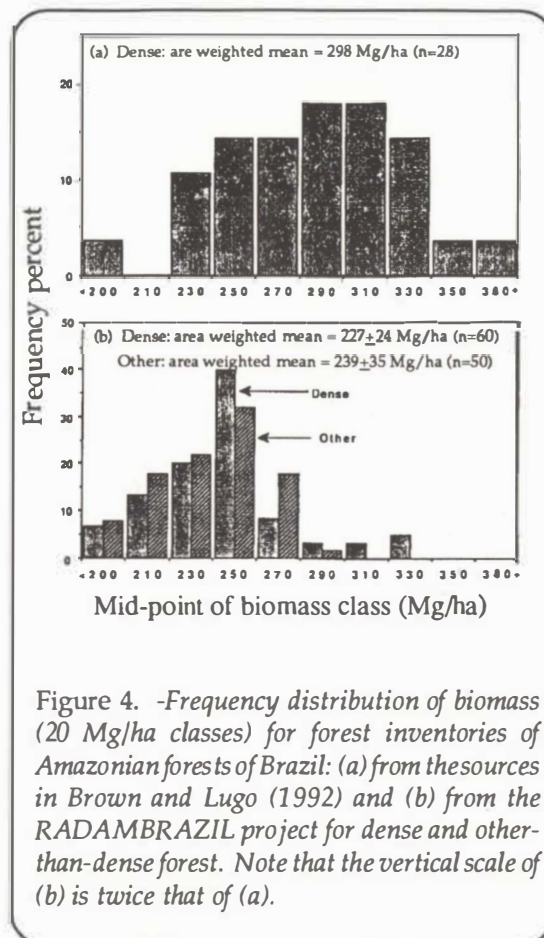
A RESEARCH PERSPECTIVE ON DISTURBANCE AND RECOVERY OF A TROPICAL MONTANE FOREST

Studies of disturbance in tropical forest ecosystems have been important in developing the new paradigm that views these ecosystems as dynamic in structure and function rather than constant (Waide and Lugo 1992). Long-term investigations in the Luquillo Experimental Forest in Puerto Rico are designed to evaluate the relative importance of the four principal types of disturbance within the forest and to analyze the importance of the biota in restoring the ecosystem after disturbance. Puerto Rico is



an excellent location to conduct such investigations because of the availability of long-term weather and growth records, the detailed understanding of historical land use, and the long tradition of ecosystem research.

Research is driven by the concept that the response of an ecosystem to disturbance is a function of the type, intensity, periodicity, and extent of the disturbance (fig. 5). Recovery is influenced by a complex interaction among the soil, biota, hydrosphere, and atmosphere, but we hypothesize that the biota plays a key role in conditioning the return to the previous level of



productivity after disturbance. With increasing severity of disturbance, the role of the biota becomes more important.

A patch dynamics model is being used to guide research on disturbance and regeneration at the ecosystem level. Results from this work are being linked to the landscape level of organization through simulation models generalized to each cell of a geographic information system covering the forest.

TROPICAL WETLANDS

This year we published the proceedings of the fifth meeting of Caribbean Foresters, which addressed the management of wetlands in the Caribbean (Lugo and Bayle 1992).

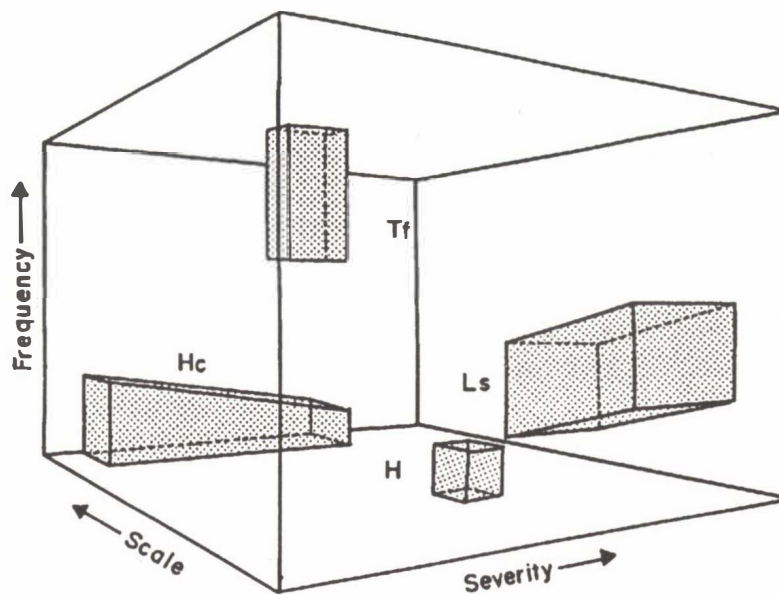


Figure 5. -Conception of the relationship of four common types of disturbance in the Luquillo Experimental Forest along dimensions representing disturbance severity, scale, and frequency. Tree fall (Tf), landslides (Ls), hurricanes (Hc), and harvest (H) are the four kinds of disturbance. In this figure, the relationships among the disturbance types can be seen. For instance, tree falls are frequent, but low in severity and scale, while hurricanes are infrequent (especially severe hurricanes), have moderate to very severe effects, and act on a large scale. The effects of these disturbances and the responses of ecosystems should be equally dissimilar.

LITERATURE CITED

- Brown, S. and A.E. Lugo. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17:201-203.
- Lugo, A.E. 1988. The future of the forest: ecosystem rehabilitation in the tropics. *Environment* 30(7):17-20, 41-45.
- Lugo, A.E. 1992. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age *Ecological Monographs* 62(1):1-41.
- Lugo, A.E. 1992a. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. *Ecological Monographs* 62:1-41.
- Lugo, A.E. 1992b. Tree plantations for rehabilitating damaged forest lands in the Tropics. Pp. 247-255 in M.K. Wali, ed., *Environmental rehabilitation*, vol. 2. SBP Academic Publishing by, The Hague, The Netherlands.
- Lugo, A.E. and B. Bayle, eds. 1992. *Wetlands management in the Caribbean and the role of forestry and wetlands in the economy*. Institute of Tropical Forestry and Caribbean National Forest, U.S. Department of

Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 115 p.

Reyes, G., S. Brown, J. Chapman, and A.E. Lugo. 1992. Wood densities of tropical tree species. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, General Technical Report SO-88. New Orleans, LA. 15 p.

Waide, R.B. and A.E. Lugo. 1992. A research perspective on the disturbance and

recovery of a tropical montane forest. Pp. 173-190 in J. Goldammer, ed., Tropical forests in transition. Ecology of natural and anthropogenic disturbance processes. Berkhauser-Verlag, Switzerland.

Wang, D., F.H. Bormann, A.E. Lugo, and R.D. Bowden. 1991. Comparison of nutrient-use efficiency and biomass production in five tropical tree taxa. Ecology and Management 46:1-21.

LONG-TERM AVIAN RESEARCH

Wayne J. Arendt
Research Wildlife Biologist

PEARLY-EYED THRASHER ECOLOGY AND LIFE HISTORY

During the past year, writing of the thrasher monograph has progressed on schedule. Of six proposed chapters, first drafts of chapters 1 through 4 have been completed and are under review. Data analysis and writing of the first two sections (three are envisioned) of chapter 5 have been completed, and the development of section three is well under way. First drafts of all six chapters are scheduled for completion by the end of May 1993.

TWENTY YEARS OF MONITORING GUÁNICA FOREST BIRDS

With the completion of our netting efforts in January 1993, we now have collected 20 years of banding data on resident and migratory birds of the Guánica State Forest in southwestern Puerto Rico. Information gathered over the past two decades has allowed us to follow population trends, often correlating them with climatic factors such as prolonged droughts (Faaborg and Arendt 1990, 1992a). Long-term banding data have also allowed us to identify which of Guánica's North American migrant species might be in trouble and in need of further study (Faaborg and Arendt 1992b).

PROTECTION AND CONSERVATION OF MIGRATORY LAND BIRDS ON AN INTERNATIONAL SCALE

When called on to summarize the status of North American migratory land birds in the Greater Caribbean Basin, I garnered the knowledge and expertise of many of the area's long-time biologists and university professors. We presented an overview of the species involved, their habitat and geographical distributions, and both negative and positive factors affecting

migrant bird populations on most major Caribbean islands. The information gleaned from this consortium of local and regional experts was then presented at an international symposium sponsored by the Manomet Bird Observatory (Arendt 1992).

PARROT RESEARCH

Mortality in the Puerto Rican Parrot, as in most birds, is highest within the first year, especially within the first few months post-fledging. Due to the parrot's liberty of movement throughout the forest and the rugged terrain of the Luquillo Mountains, our knowledge of juvenile parrot dispersal and survival during this crucial period is meager at best. The use of radio telemetry as a census technique has allowed us to better monitor post-fledged juveniles, their families, and other flock members for the first 2 to 4 months after leaving the nest. However, it became apparent from the onset that successful telemetry monitoring was adversely affected by many climatic, environmental, and even human-induced factors. Thus, to enhance our results and that of field biologists on other "parrot" islands such as Dominica and St. Lucia, we tested and evaluated the utility of a portable telemetry system, identifying its strong points, weaknesses, and especially the ambient factors affecting its performance (Lindsey and Arendt 1991). Results of our study will enhance telemetry procedures scheduled for use in the monitoring of captive-released juveniles in the near future.

LITERATURE CITED

- Arendt, W.J. (and 24 collaborators). 1992. Status of North American migrant landbirds in the Caribbean: A summary. Pp. 143-171 in, Hagan J.M. III and D.W. Johnson, eds. Ecology and conservation of neotropical

migrant landbirds. Smithsonian Institution Press. Washington, DC.

Faaborg, J. and W.J. Arendt. 1990. Long-term studies of Guánica Forest birds. *Acta Científica* 4(1-3):69-80.

Faaborg, J. and W.J. Arendt. 1992a. Rainfall correlates of bird population fluctuations in a Puerto Rican dry forest: a 15-year study. *Ornitología Caribeña* 3:10-19.

Faaborg, J. and W.J. Arendt. 1992b. Long-term declines of winter resident warblers in a

Puerto Rican dry forest: Which species are in trouble? Pp. 57-63 *in*, Hagan J.M. III and D.W. Johnson, eds. Ecology and conservation of neotropical migrant landbirds. Smithsonian Institution Press. Washington, DC.

Lindsey, G.D. and W.J. Arendt. 1991. Radio Tracking Puerto Rican Parrots: Assessing triangulation accuracy in an insular rain forest. *Caribbean Journal of Science* 27:46-53.

FOREST ENTOMOLOGY

Juan A. Torres
Ecologist

During the past year, I conducted research on *Cyrilla racemiflora* decomposition, termite ecology, and the Hymenoptera of Mona Island.

Wood Decomposition of *Cyrilla racemiflora*

I examined changes that occur during the decomposition of *C. racemiflora* snags and fallen trees. *Cyrilla racemiflora* is a unique tree in the sense that all decay stages can be detected due to the red color of the wood and its hardness. Several plant species extract nutrients from the bark and dead parts of this tree (including other *C. racemiflora* trees). Among the plant species that send roots to *C. racemiflora* are *Clusia krugiana* and *Macgravia sientinisii*.

The fallen trees and snags were classified into four decay classes using a classification adapted from Fogel *et al.* (1972) with some modifications. The presence of different kinds of vegetation (based on life forms present) on snags or fallen trees could not be used to separate different stages in the process of decomposition in *C. racemiflora*. This is contrary to the findings in trees from temperate North America (Maser *et al.* 1988). Nor could the presence or absence of invading roots in snags or fallen trees be used to classify *C. racemiflora* into decay classes. Roots and vegetation are present in all decay classes and also in live *C. racemiflora* trees.

The bulk density of dead trees tended to remain constant except in the last stage of decay, because only the hardest parts of the tree remain in place through time. This trend was more accentuated in the standing dead trees.

The mean number of invertebrate species increased as decomposition proceeded. This is contrary to findings in *Pinus virginiana* where there was a decrease through time (Howden and Vogt 1951). The presence of many species

of cerambycids and bark beetles in the temperate United States accounts for a greater species diversity in early stages of decay. Contrary to the situation encountered in these temperate regions, only three species of cerambycids and three species of bark beetles were found in *C. racemiflora*.

A total of 138 species of invertebrates (excluding mites) was found in the different stages of decay. This is a low figure compared to the approximate 300 species found in Douglas-fir (Deyrup 1981). Preliminary studies in other tree species in the Luquillo Mountains indicate that the number of species is higher in decomposing wood found at lower elevations. The variance in invertebrate species diversity could be explained better by decay class than by wood volume or wood density.

Invertebrate density differed between fallen trees and standing dead trees. The insect orders Collembola and Diplura, class Diplopoda, and members of class Oligochaeta were more common in fallen trees. These taxonomic groups do not have the ability to break into hard wood. They mainly invaded the last stages of decomposed wood. These groups help in the decomposition process by transporting fungi and bacteria (characteristic to the soil) from the soil to the logs. Members of the insect order Homoptera and of the class Symphyla were more abundant in standing dead trees.

Termites and ants were the most common invertebrates. This is contrary to trees in the temperate United States where members of the insect order Coleoptera are the most common invertebrates. Ants were more common in standing dead trees and played a role in the decomposition process by channeling and transporting nutrients from the exterior to the interior of the logs. Carpenter ants (*Camponotus*

spp.) and bees (*Xylocopa*) were rare in *Cyrilla racemiflora*. This could be due to the high density and humidity content of the wood.

Cerambycids, tenebrionids, termites, and curculionids (all members of the class Insecta) seemed to be the most important invertebrates in the early stages of decay. This was correlated with their ability to chew into high density wood. Predators (Arachnida and Hemiptera) were more common in the late stages of decomposition. They do not have the ability to break into the wood and have to wait until other invertebrates perform this task. Diptera (class Insecta) were also rare in the first stages of decay. They do not have the mouthparts necessary to break into wood. They also depend on the activity of other invertebrates to enter or leave the wood. Diptera and Coleoptera act as exporters of nutrients from dead wood because they remain in the logs mostly in the larvae and pupae stages and depart when they reach the adult stage.

The distribution of nitrogen, carbon, magnesium, calcium, potassium, and phosphorous was determined throughout the logs. The highest concentrations were found in the bark and the sapwood in both the early decay classes and the last decay class. The invertebrates did not prefer the highly nutritious bark and sapwood. These areas probably contain toxic compounds that can affect their survival. The distribution of phosphorous and nitrogen was highly correlated. The presence of cerambycid frass increased the concentration of these elements. Calcium and magnesium were also highly correlated. Carbon concentration tended to remain constant through time with a slight decrease in the last decay class. This is contrary to findings in temperate conifer trees where an increase in carbon concentration has been

observed (Maser *et al.* 1988). Nitrogen was the element most important in the determination of the carbon: nitrogen ratio.

Termite Ecology

The termites at the Guánica dry forest were studied in collaboration with Susan Jones. We are trying to determine the importance of termites in soil movement and fertility. We have found that *Nasutitermes costalis*, *N. nigriceps*, *Parvitermes* sp., and *Heterotermes* sp. are involved in the process of soil movement.

The Hymenoptera of Mona Island

In collaboration with Roy Snelling, the Hymenoptera (Aculeata group) of Mona Island were surveyed. Information on the natural history and taxonomical keys will be published in the near future.

LITERATURE CITED

- Deyrup, M. 1981. Deadwood decomposers. *Natural History* 90:84-91.
- Fogel, R., M. Ogawa, and J.M. Trappe. 1972. Terrestrial decomposition; a synopsis. *Coniferous Forest Biome Interim Report* 135. University of Washington. Seattle.
- Howden, H.F. and G.B. Vogt. 1951. Insect communities of standing dead pine (*Pinus virginiana*). *Annals Entomological Society of America* 44:581-595.
- Maser, C.R., F. Tarrant, J.M. Trappe, and J.F. Franklin. 1988. From the forest to the sea: A story of fallen trees. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report PNW-229. Oregon.

TERMITE RESEARCH

Susan Jones and Juan A. Torres
Entomologist and Ecologist

In 1992, we initiated research on the role of termites in tropical ecosystems.

TERMITE SURVEY

Sixteen species of termites comprising three families have been recorded from Puerto Rico, but these records date primarily to the mid-1950's and earlier. A comprehensive survey of the termites of Puerto Rico has been undertaken as the first phase in understanding the termite fauna and its role in the ecosystem. Differences in species composition are being detailed for the subtropical life zones, which include the dry forest, moist forest, wet forest, rain forest, lower montane wet forest, and the lower montane rain forest. The Department of Natural Resources has provided assistance in this survey. Whenever possible, data are obtained regarding the association of termites with tree species. For each termite collection, representatives of the soldier caste, workers, and alates, if present, are obtained. Termite identification is based on extensive taxonomic measurements, references to existing taxonomic keys, and the collections at the Smithsonian Institution and other museums. Taxonomic research is being done in coordination with Dr. Margaret Collins at the Smithsonian Institution and Dr. Rudolf Sheffrahn at the University of Florida. In addition, cuticular hydrocarbon profiles are being characterized for each caste of a species. The

latter research is being conducted by Dr. Michael Haverty at the Pacific Southwest Research Station.

A preliminary survey of the termite fauna of Mona Island revealed three species of the family Kalotermitidae: *Incisitermes* nr *snyderi*, *Neotermes mona*, and *Procryptotermes corniceps*. These collections corroborated previous records for the Island.

ECOLOGICAL STUDIES

In a dry forest in Guánica, research has been initiated to study soil movement and enrichment by termites. In two plots, each 1,250 m², termite-modified soil is obtained as termites feed on cardboard rolls within capped PVC pipes. Soil collections from 66 pipes are being made at 4-month intervals for a 1-year period. Bulk density and nutrient analyses of adjacent soil samples are also being analyzed and compared to the termite-modified soil. The termite species that appear to be major contributors to soil movement at the site include *Heterotermes* spp. and *Parvitermes wolcottii* with *Nasutitermes costalis* and *N. nigriceps* contributing to a lesser extent. Supplementary information on foraging territories, colony size, and factors influencing foraging location for each species is being obtained.

PHOTOGRAPHIC FIELD GUIDE TO THE TREES OF THE TAPAJOS NATIONAL FOREST, BRAZIL

John A. Parrotta and John K. Francis
Research Foresters

The Tapajós National Forest, located in western Pará State in the Brazilian Amazon, contains several distinct moist and wet tropical forest types within its boundaries. Like most forests in the region, the 600,000-ha Tapajós Forest contains a rich flora, including more than 400 species of trees that reach commercial dimensions and a large number of tree species yielding edible fruits and medicinal products. In order to enhance the potential for multiple-use management of the forest's biodiversity, convenient field guides are needed to help foresters, ecologists, field technicians, and students accurately identify tree species. At present, many species in the Tapajós Forest are incompletely described. Current floras are incomplete, and only a few individuals associated with the forest have adequate field identification skills.

During the past year, in collaboration with the Tapajós Forest supervisor, we began work

on a photographic field guide to the trees of the Forest. When completed, this work will include professional-quality photographs showing key diagnostic features such as: leaves, flowers, and fruits; a typical seedling; a pole-sized tree; the base of a mature tree; bark detail showing inner bark characteristics; and the canopy of an old-growth tree. It will list 150 to 200 of the more common and/or commercially valuable tree species found in upland (terra firma), old-growth, and secondary forests within the national forest and adjacent areas.

To date, no such field guide has been prepared for Brazilian Amazonian forests. It is expected that this work will find a wide audience among tropical forestry research scientists, and students not only in Brazil, but also in research institutions, botanical gardens, and universities worldwide.

THE INTERACTION BETWEEN CLIMATE AND TREE SPECIES DISTRIBUTION IN THE LUQUILLO EXPERIMENTAL FOREST

Whendee Silver
Ecosystem Ecologist

Models of global climate change predict that the amount and distribution of rainfall in parts of the Tropics and subtropics will become more variable as temperatures increase (Emanuel *et al.* 1985). In the humid Tropics and subtropics, this is most likely to result in more frequent and severe dry periods as well as a higher frequency of catastrophic climatic rainfall events such as hurricanes. The objective of this study is to determine the degree of coupling between the amount and distribution of rainfall and the ecosystem structure and function in the Luquillo Experimental Forest (LEF) in Puerto Rico.

An important controlling factor in the structure and function of wet tropical ecosystems is the hydrologic cycle. The flow of water through the ecosystem helps regulate nutrient availability and uptake by plants and provides a moist environment for leaf and root tissues. The amount and distribution of water in the ecosystem will feed back on ecosystem function; too much water in the soil with slow or no flow can lead to anoxic conditions, which inhibit root activity and reduce growth; too little water in the soil will reduce nutrient uptake and, if prolonged, will desiccate root tissues and eventually dehydrate the aboveground portion of the plant and lead to wilting. Soil oxygen content can be used as an index of the moisture conditions in the rooting zone over time in the LEF. The soil O₂ content integrates the abiotic components of rainfall input and soil physical properties with the biotic phenomenon of microbial activity and root processes (Faulkner and Patrick 1992). Because these processes are not instantaneous, changes in the soil O₂ content can be used as an indicator of changing environmental conditions associated with changes in land use or changes in climate, particularly those associated with the variability of rainfall.

To examine these processes in the LEF, permanent plots were established along an elevational gradient in zones that are representative of three of the four distinct vegetation zones in this forest (tabonuco, colorado and cloud forest). Within each plot, chambers were installed at two soil depths to quantify soil oxygen content as a measure of the interaction of rainfall and the abiotic environment. Rainfall is also being monitored at each site, in addition to special plant adaptations to high and low moisture conditions that will help us begin to link the response of the biotic environment to environmental variability. Preliminary results show that soil O₂ content changes dramatically along the elevational gradient. Soil O₂ in the tabonuco forest is generally at or within 1 percent of ambient air (21 percent) at both soil depths. Soil O₂ in the cloud forest was very low; some chambers regularly register zero percent oxygen. The soil O₂ content in the colorado forest fell between the other two forest types and increased gradually over time at both depths. Several short, dry periods (1 to 4 days) were recorded during the second half of the sampling period; this is reflected most dramatically in the colorado forest zone. We are continuing to monitor soil O₂ along the elevational gradient. In addition, we have added smaller scale gradients within the tabonuco forest zone to examine variability in the soil/plant interface from ridge tops to riparian valleys.

LITERATURE CITED

- Emanuel, W.R., H.H. Shugart and M.P. Stevenson. 1985. Climate change and broad-scale distribution of terrestrial ecosystem complexes. *Climate Change* 7:29-43.
- Faulkner, S.P. and W.H. Patrick, Jr. 1992. Redox processes and diagnostic wetland soil indicators in bottomland hardwood forests. *Soil Science Society of America Journal* 56:856-865.

GLOBAL CHANGE STUDIES

Michael Keller
Research Physical Scientist

Land use change and trace gas flux in the wet Tropics: a case study in the Atlantic lowlands of Costa Rica

Deforestation in the wet Tropics and the subsequent conversion of lands to pastoral and agricultural uses have profound effects on soil physical and biogeochemical properties. Our studies in the Atlantic lowlands of Costa Rica focus on soil changes and their effects on soil-atmosphere trace gas exchange of two greenhouse gases, nitrous oxide (N_2O) and methane (CH_4), and nitric oxide (NO), a precursor to tropospheric ozone formation. During the past 3 years, we have completed seasonal surveys of N_2O , CH_4 , and NO fluxes from primary and secondary forests and actively grazed and abandoned cattle pastures. Among the pasture sites, we have included a chronosequence of pastures cleared from mature forests 2 to 25 years ago. Currently, we are beginning to study intensely cultivated sites ranging from subsistence farms to industrial plantations of perennial crops.

The conversion of forest to cattle pasture in our region transforms a net sink for atmospheric CH_4 of $-446 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ into a net source of $+236 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ y}^{-1}$. Forest soils rapidly become more compact following conversion to pasture as indicated by the increase in bulk density from approximately 0.65 to 0.80 (g/cm^3). Compaction leads to poor drainage and reduced rates of gaseous diffusion, factors that limit aerobic methane consumption and promote anaerobic methane production.

Annual average forest-soil N_2O emissions from our study region are approximately 5-10 $\text{ng-N cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Emissions of N_2O from young pastures (2 to 10 years old) exceed forest-soil emissions by a factor of 5 to 8. This result is consistent with a threefold increase in N_2O

emission measured at 3-year-old pasture versus forest on an oxisol near Manaus, Brazil. In contrast, older active pastures (>12 years old) emitted significantly less (1/2 to 1/3 as much) N_2O than forest soils.

The pattern of emissions for NO also depends upon pasture age. Young pasture soils emit far more NO than older pasture soils. In contrast to N_2O , NO emissions from young (<12 years old) pasture soils were not significantly different from the forest-soil emissions. The annual average forest soil NO flux still exceeds flux from old pastures (>12 years old). While the magnitude of soil NO emissions for forests and young pastures is similar, we would expect greater release of NO to the atmosphere from the pastures because NO is consumed by reactions in the dense forest canopy.

Because the microbial processes of nitrification and denitrification produce N_2O and NO in soils, emissions of both gases are ultimately regulated by the rate of nitrogen cycling in the system. Site average NO and N_2O emissions are significantly correlated ($r^2 = 0.73$, $p < .0001$). This correlation suggests that nitrogen availability controls N_2O and NO emissions from pastures. In young pastures, rapid decomposition of forest-derived organic matter provides abundant substrates for nitrifiers and denitrifiers. In contrast, nitrogen mineralization in old pastures is minimal.

Use of nitrogen fertilizers greatly alters nitrogen oxide emissions. N_2O emissions can exceed 250 $\text{ng-N cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ within a few days following fertilizer application (33 kg-N ha^{-1}). Fluxes remain elevated over base levels for up to 4 weeks following fertilization. The magnitude and duration of NO response to fertilization is less marked. These preliminary results suggest that in moist, clay soils common

throughout the Tropics, yields of N_2O from fertilizer N may be far greater than under most temperate conditions.

Our results indicate that present land use as well as land-use history have a profound effect on trace gas emissions. We believe that land-use history has a critical and lasting effect on many factors of ecosystem structure and func-

tion and we urge our colleagues to look beyond present land use in the design and interpretation of their studies.

The case of our study region suggests that the budgets for N_2O and other trace gases could be substantially altered if the pace of tropical deforestation was diminished.

EARTHWORM DIVERSITY AND ECOLOGY IN THE BISLEY WATERSHEDS AND EL VERDE, LUQUILLO EXPERIMENTAL FOREST

Sonia Borges
Zoologist

The ecology of terrestrial oligochaetes has been widely studied in Temperate Zones, but knowledge about the ecology of tropical species is scarce. Most of these ecological works have been done in savannas, grasslands, and agricultural areas of the paleotropics. In the neotropics, studies have been limited to those carried out in a tropical wet forest in Venezuela (Nemeth and Herrera 1982) and the studies performed in Mexican tropical rain forests (Fragoso 1989, Fragoso and Lavelle 1987).

Until a few years ago, the study of the oligochaetofauna of Puerto Rico had been negligible. In fact, most of the species mentioned for the Island were regarded as peregrine or exotic, whereas only three were considered endemic. Recent discoveries have increased the awareness of earthworm species of in Puerto Rico. These investigations, however, have been limited only to alpha taxonomy, the logical first step in faunistic studies. Efforts to increase information on the ecology of these organisms on the island have already begun with the study of earthworm ecology in the Cartagena Lagoon Reserve and the Nipe soils of the Maricao State Forest. No ecological analyses have been done with this group of animals in the Luquillo Experimental Forest, one of the most studied tropical rain forests in the world. This lack of information is untenable, considering that in a one-page appendix, Moore and Lawrence (Odum 1970) state that "on a weight basis, the earthworms are the most important animal fraction" in El Verde (Luquillo Experimental Forest).

Lyford (1969) studied the ecology of the elfin forest of Pico del Oeste in the Luquillo Forest and found earthworms to be common in the area. He stated that the action of earthworms in returning soil to the surface is considerable and that they consume the leaves that fall

on the surface of the soil. Lyford found two species of earthworms, but they were never identified. Gates (1962, 1970) described an endemic earthworm genus and species from Puerto Rico from specimens collected at Luquillo in the 1940's. Brief surveys of the area have resulted in the description of seven new terrestrial oligochaete species (Borges and Moreno 1989a, 1989b, 1991; James 1991). Obviously, not only do we lack information about the ecology of these organisms in the Luquillo Forest, but the faunistic search for these animals in the region is far from complete.

In August 1991, a 2-year project to study earthworm diversity and ecology in the Bisley Experimental Watersheds and in El Verde, both part of the Luquillo Experimental Forest, was begun. The Bisley watersheds are localized in the northeast region of the Luquillo Mountains. El Verde, on the northwestern slope of the Luquillo Experimental Forest, was the site used by H. Odum for the Rain Forest Project of the Puerto Rico Nuclear Center. Though both localities have been studied extensively, no information on earthworm diversity and ecology is available for these regions.

The methods employed in this project are based on those used by various earthworm ecologists (Lee 1985). Six monthly samples have been collected in both the Bisley watersheds and El Verde. Each sample, comprised of 0.5 m² and four successive layers 10 cm deep, were randomly selected following the topography of the sites. Soil samples of each 10 cm layer are to be analyzed to determine organic matter content, pH, humidity, nutrients, and texture. The amount of leaf litter covering the sample area and its water content will also be determined. Earthworms have been extracted by hand sorting the leaf litter and soil layers. They will be weighed and measured, the

morphology of their intestines studied, and the gut contents analyzed.

The data acquired from each site is expected to produce information on earthworm diversity, species biology, abundance and biomass, interspecific associations, vertical stratification, morpho-ecological categories, spatial patterns, and niche overlap. Results obtained from the Bisley watersheds will be compared to those obtained at El Verde. To conclude the study, the outcome of this investigation will be compared to those done in other tropical forests.

LITERATURE CITED

- Borges, S. and A.G. Moreno. 1989a. Nuevas especies del género *Estherella* Gates, 1970 (Oligochaeta: Glossoscolecidae) para Puerto Rico. Bolletino del Museo Regionale di Scienze Naturali Torino 7(2):383-399.
- Borges, S. and A.G. Moreno. 1989b. Nuevas especies y un nuevo subgénero del género *Pontoscolex* Schmarda, 1861 (Oligochaeta: Glossoscolecidae) para Puerto Rico. Bolletino del Museo Regionale di Scienze Naturali Torino 7(2).
- Borges, S. and A.G. Moreno. 1991. Nuevas especies del género *Trigaster* Benham, 1886 (Oligochaeta: Octochaetidae) para Puerto Rico. Bolletino del Museo Regionale di Scienze Naturali Torino 9(1):39-54.
- Fragoso, C. 1989. Las lombrices de tierra de la reserva "El Cielo": aspectos ecológicos y sistemáticos. Biotam 1(1):38-44.
- Fragoso, C. and P. Lavelle. 1987. The earthworm community of a Mexican tropical rain forest (Chajul, Chiapas). In A.M. Bonvincini and P. Omodeo, eds. On earthworms: selected symposia and monographs. pp. 282-295.
- Gates, G.E. 1962. On a new species of the earthworm genus *Trigaster* Benham, 1886 (Octochaetidae). Breviora. No. 178. 4 p.
- Gates, G.E. 1970. On a new species in a new genus from Puerto Rico. Breviora. No. 356. 11 p.
- James, S.W. 1991. New species of earthworms from Puerto Rico, with a redefinition of the genus *Trigaster* (Oligochaeta: Megascolecidae). Transaction of the American Microscopical Society 110(4):337-353.
- Lee, K.E. 1985. *Earthworms*. Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use. Academic Press, Australia. xvii + 411 p.
- Lyford, W.H. 1969. The ecology of the elfin forest in Puerto Rico, 7. Soil, root, and earthworm relationships. Journal of the Arnold Arboretum 50:210-224.
- Nemeth, A. and R. Herrera. 1982. Earthworm populations in a Venezuelan tropical rain forest. Pedobiología 23:437-443.
- Odum, H.T. ed. 1970. A Tropical Rain Forest. A study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico. U.S. Atomic Energy Commission, Division of Technical Information Extension, Oakridge, Tennessee.

FORESTRY RESEARCH AND MANAGEMENT

Peter L. Weaver
Research Forester

U.S. Virgin Islands

A brief history of USDA Forest Service research in the Virgin Islands National Park was summarized for readers of "Park Science" (Weaver 1992a). Forest Service research began on St. John in 1982 when the vegetation was surveyed, classified by major vegetation types, and mapped.

Long-term ecological studies were initiated in 1983 when 16 plots measuring 10 by 50 m were established in the Cinnamon Bay watershed. The plots were stratified by topographic positions (ridge, slope, and valley) at elevations of about 60, 120, 180, 210, and 240 m, with the top plot near the watershed summit. Tree diameters and heights of all species >4 cm were measured. Data were subsequently used to explore species-site relationships using reciprocal averaging and polar ordinations. All plots were remeasured in 1988 when growth rates (tree diameters and heights) were estimated by species, crown class, topography, and elevation.

Studies currently underway include forest damage due to Hurricane Hugo in September 1989 and forest productivity (litterfall, biomass accumulation, and herbivory) during 1992. The results of these studies will be published in future papers.

Puerto Rico

The Luquillo Mountains rise to 1,075 m in elevation in northeastern Puerto Rico. Ascending the mountains, four major forest types are encountered: tabonuco, between 150 and 600 m; colorado, from 600 to 900 m; dwarf, from 900 to 1,075 m; and palm brake, scattered in ravines and on steep slopes above 500 m in elevation.

Two studies were carried out in the Luquillo Mountains. In the first, 20 tree species that reach

canopy size in some parts (or in one part) of the colorado forest were compared using 4 indices: relative density of seedlings; relative density of understory stems; wood specific gravity; and seed size (Weaver 1992b). Tree species were ranked separately using each of these characteristics. A composite ranking using all 4 characteristics was then devised, listing all 20 species from "most secondary" to "most primary" in ecological type. Existing autoecological information (e.g., diameter-class distributions and changes in tree numbers and basal areas during a 35-year period) tended to support the tree rankings. Until more detailed studies are available, the ranking of these species constitutes a useful first step in exploring the ecological types of canopy-tree species in the colorado forest.

In the second study, data on dry-weight biomass derived from studies of 116 trees of 45 species in tabonuco, colorado, and dwarf forest types were used to develop regression equations (Weaver and Gillespie 1992). Total aboveground biomass and aboveground woody biomass (kg per tree) were determined as a function of tree diameter (D in cm) with D as the sole predictor. Total and aboveground woody biomass were also determined as a function of $D^2 \times H$ (height in m).

The forests of Puerto Rico are similar to those of other mountainous Caribbean islands in terms of tree physiognomy and species composition. Until detailed knowledge on tree species is available for other Caribbean islands, the equations presented may prove useful for estimating total aboveground biomass and aboveground woody biomass in Caribbean forests.

Line Planting

Line planting, first mentioned in the 1989-90 Annual Letter (Weaver *et al.* 1990), is underway in Grenada, the Dominican Republic, and Venezuela. In Grenada, about 2 ha of hybrid *Swietenia* (mahogany) have been successfully planted in degraded secondary forest at Gran Bras. Planting activities were undertaken cooperatively between the Grenadian Forestry Division and the Peace Corps on government lands. Expansion of the program to other areas, in particular Gran Bacolet, is being considered.

In the Dominican Republic, nearly 6 ha have been line planted a few kilometers from Maiman in the Cibao region. Several species were used including *Swietenia* hybrid, *Hibiscus elatus* (blue mahoe), *Simaruba glauca* (locally called Juan Primero), *Cedrela odorata* (cedro), *Acacia mangium*, and a local species known as cabirma (possibly, *Guarea guidonia*). Plantings were established on private lands in cooperation with Peace Corps volunteers.

In Venezuela, about 20 ha have been planted with a mixture of *Swietenia macrophylla* and *Cordia alliodora* by SEFORVEN (Venezuelan

Forest Service) working in conjunction with private companies. The mahogany are spaced 1 per 10 trees on half of the land and 1 per 15 trees on the remainder in an attempt to avert infestation by the mahogany shoot borer. Regular maintenance is being carried out in all three countries.

LITERATURE CITED

- Weaver, P.L. 1992a. Forest Service research in Virgin Islands National Park. *Park Science* 12(2):4-5.
- Weaver, P.L. 1992b. An ecological comparison of canopy trees in the montane rain forest of Puerto Rico's Luquillo Mountains. *Caribbean Journal of Science* 28(1-2):62-69.
- Weaver, P.L. and A.J.R. Gillespie. 1992. Biomass equations for the forests of the Luquillo Mountains, Puerto Rico. *Commonwealth Forestry Review* 71(1):35-39.
- Weaver, P.L., G. Zepeda, A. Rodríguez, [and others]. 1990. Technology transfer plan: line planting. Cooperative Forestry, Region 8. Atlanta, GA. 19 p.

SOCIAL ECOLOGY

Robert Walker
Economist

Sustainability has become an important issue in development planning. A consensus is emerging that the absence of sustainable relations between human populations and nature will ultimately erode standards of living. This could lead, perhaps, to serious environmental impacts on a regional, and possibly even global, scale. These concerns are particularly pronounced for so-called developing countries with large agricultural populations and substantial tracts of tropical forest, which are crucial to the maintenance of biodiversity and the global carbon cycle.

An important foundation of forestry economics is the work of Faustmann, who presented a model of optimal rotation over an infinite time horizon, which extended the single-period framework of Fisher (Hirshleifer 1970). The model indicates the rotation period that maximizes returns to land, and thus implies an optimizing scheme for forest management. As long as property rights are well assigned, the Faustmann approach provides a forestry management system, that furnishes a time for harvesting and a period for ecological recovery.

A more complex situation arises under the twin specters of rural poverty and ambiguous property rights. In tropical country settings, institutional environments may undermine efforts to achieve optimal rotations (Palin 1980, Tirole 1988, Brookfield and Byron 1990) because of land hunger and problems associated with invasive forest mobility (Walker and Smith 1993). Evidently, a social policy dimension is needed to ensure forest sustainability and not just the identification of optimal rotations based on ecological and market information (Nair 1991).

Current research by the social ecology group is assessing the demand for land by small-scale producers in the vicinity of forest reserve areas in Brazil. The intent is to identify factors leading to sustainable land use so that Brazilian policymakers can assist forest managers in the important task of conserving forest resources. The research approach is to combine field activities with remotely-sensed imagery in building econometric models.

Preliminary analysis suggests risk aversion by small-scale producers may be affecting levels of investment in perennial crops and agroforestry systems, often regarded as desirable from a sustainability perspective. On the other hand, it appears that the mobility frequencies of the small-scale farmers are low, which calls into question the invasive forest mobility model of Myers (1980) and others.

LITERATURE CITED

- Brookfield, H. and Y. Byron. 1990. Deforestation and timber extraction in Borneo and the Malay Peninsula. *Global Environmental Change* 1:42-56.
- Hirshleifer, J. 1970. *Investment, interest, and capital*, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc. [Not paged.]
- Myers, N. 1980. The present status and future prospects of tropical moist forest. *Environmental Conservation* 7:101-114.
- Nair, P.K.R. 1991. State-of-the-art of agroforestry systems. *Forest Ecology and Management* 45:5-29.

Palin, D. 1980. Management of development forestry: a comparative study of public forestry administration in the asia-pacific region. Rome: FAO.

Tirole, J. 1988. The theory of industrial organization. Cambridge, MA: MIT Press.

Walker, R.T. and T.E. Smith. [In press.] Tropical deforestation and forest management under the system of concession logging: a decision-theoretic analysis. Journal of Regional Science.

TECHNOLOGY TRANSFER

*Frank H. Wadsworth
Research Forester*

One of the more widely distributed publications issued by the Institute of Tropical Forestry is ISTF NEWS, which is compiled for the International Society of Tropical Foresters. The quarterly newsletter, 12 to 20 printed pages in length, is distributed to some 2,000 society members either in English or Spanish. Approximately half of the recipients live outside the United States. Within it is an overview of the most important literature that reaches both the Institute in Río Piedras or ISTF at its main office in Washington, DC. Included are summaries of articles from technical journals and news organs, announcements of coming events, descriptions of new major publications, and summaries of useful statistics. The newsletter carries an annual directory that furthers communication among distant members. This newsletter is generating increasing correspondence among those professionally concerned with tropical forestry.

The most time-consuming technology transfer task of the year was participating on the Interdisciplinary Team to revise the Land and Resource Management Plan of the Caribbean National Forest. The revision, addressing eight challenges of an appeal from an earlier draft, includes a full environmental impact statement, and emphasizes five different examples of use, covering wilderness to recreational use and timber extraction during the next 50 years. Research interest is concerned with retention of diverse undisturbed areas for foreseeable future scientific work. Repeatedly exposed to interested members of the local public during preparation, the revision is expected to be released for general public comment within a few months.

International consultancies involving transfer of technology took place in Dominica, Costa Rica, Geneva, Mexico, and Hawaii. In Dominica, the assignment of a 270-acre experi-

mental area of old-growth forest by the Forestry Department to the Caribbean Natural Resources Institute led to a prescription for a management plan and program. Using information from Puerto Rico, a 15-year cutting cycle for partial harvesting was selected. The tract has been compartmentalized into 15 annual areas. An inventory has shown the composition of the stands. With Dominican sawyers capable of felling and ripping logs into well-manufactured boards at the stump, the high-volume removals and attendant stand damage required by mechanized logging can be avoided. It is the tentative plan each year to harvest 1/3 of the basal area in trees of 30 cm in d.b.h. or more (those that either are already mature or will be, two cuts hence). This assures at least three partial harvests from trees already visible and does not require harvesting trees that are now smaller until after two additional cuts, or 45 years hence. The inventory suggests that the stand below 30 cm in d.b.h. at present is sufficiently well stocked with trees of harvestable species to assure sustainability of yields.

In Costa Rica, growth measurements of selected timber tree species in secondary forests at Pérez Zeledón near San Isidro were analyzed, showing highly significant increases in basal area increment (percent-per-tree) for selected crop trees as early as 17 months after liberation. For 168 trees not liberated, the 17-month basal area increment per tree averaged 2.3 percent per year, compared to 4.6 percent for 143 liberated trees. This relationship was sustained after 52 months. There was a tendency for an increase in percent age increment with degree of liberation, suggesting that suppressed trees may possess latent capacity (incompletely used crowns and root systems) to respond to release. The average annual 17-month increment for 17 suppressed trees liberated until they received complete illumination was 6.7 percent. The operation, sponsored by Coopemadereros and

directed by Ian Hutchinson of Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza in Turrialba, removed enough timber to pay the costs of liberation.

The Geneva assignment was to serve on an International Tropical Timber Organization Working Group for the development of guidelines for the conservation of biological diversity in tropical production forests. This group prepared addenda to a previously published set of ITTO guidelines for sustainable timber production, providing biodiversity safeguards to be added to a future edition.

The Mexico assignment was participation as a member of the Silvicultural Study Group of the North American Forestry Commission in a workshop at Chetumal, Quintana Roo, dealing with the environmental aspects of the silviculture of secondary forests. Using information

from Central America, Malaysia, and Puerto Rico, techniques for forest refinement toward timber production with minimum environmental impacts were presented, including the leaving of non competitive trees of nontimber species and maximizing the diversity of the composition of future timber crops.

In Hawaii, a review of the research and cooperative forestry program of the Forest Service's Institute of Pacific Islands Forestry was conducted. The ITF member of the review team presented comparisons between the conditions in the Caribbean and the Pacific areas that contributed to the proposals for development of the program there. It was apparent that planned visitations between the scientists of the two institutions would be desirable, particularly those concerned with ecosystem management and reforestation.

WATERSHED STUDIES

F.N. Scatena
Hydrologist

During 1992, the Institute of Tropical Forestry not only expanded the breadth of watershed studies, but also continued its research on the reorganization of the Bisley Forest ecosystem after disturbance.

These continuing studies included the monitoring of ecological, hydrological, and climatic properties of the watersheds, the sampling of herbaceous vegetation and regeneration following Hurricane Hugo, phenology, and life history studies. New efforts have included studies of riparian dynamics, floodplain geomorphology, paleoecology, and ecosystem modeling.

The importance of riparian areas to the function of these montane ecosystems has been highlighted in publications on subsurface solutes and nitrous oxide fluxes from riparian areas (Bowden *et al.* 1992, McDowell *et al.* 1992). These studies indicate that hydrologic export of nitrogen and other solutes is controlled by the intense biotic activity in the riparian zone, but local geomorphology appears to strongly modify the importance of specific biotic processes. The regional importance of these investigations, as well as the regional features of these streams, have been summarized in a publication on the morphology and sedimentation of Caribbean montane streams (Ahmad *et al.* 1993). Additional papers on the landslides triggered by Hurricane Hugo (Larsen and Torres-Sánchez 1992) and damage to the vegetation of the Bisley Forest (Basnet *et al.* 1992) were also published this year.

Watershed research on areas outside the Bisley watersheds have also increased in importance. Paleoecology of seed and pollen from short cores taken from the Río Mameyes floodplain and dwarf forest demonstrate the dynamic and resilient nature of this landscape (Hilgartner *et al.* 1992). Fossil seeds and pollen

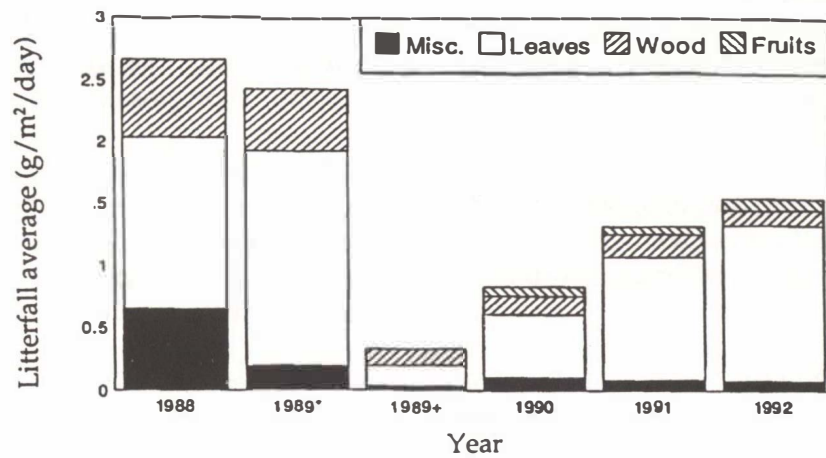
in a core extracted from a *Pterocarpus officinalis* dominated wetland near the Río Mameyes reveal a clear transition from an herbaceous, shade-intolerant vegetation to an arboreal, closed-canopy vegetation. The accuracy of the stratigraphic record in reproducing succession following disturbance reinforces the importance of paleoecological analysis in long-term studies of succession.

Existing ecosystem models developed for the LEF were compiled and described in a Luquillo long-term ecological research publication (Everham *et al.* 1992). A geographically based ecosystem model and its application to the carbon balance of the Luquillo Forest of Bisley was also developed and published (Hall *et al.* 1992). These models indicate the ability of simulation models to integrate ideas and field observations as well as solve complex management problems.

Studies on the recovery of the Bisley ecosystem following the complete defoliation of the forest have also continued. After nearly 3 years, leaf litterfall has nearly returned to pre-hurricane levels while fine wood fall is still considerably lower than prehurricane levels (figs. 1, 2). Additional insights into the role of bryophytes (Sastre-De Jesús 1992), epiphytes, climate change (Lugo and Scatena 1992), and biomass before and after Hurricane Hugo (Scatena *et al.* 1993) have also been published.

LITERATURE CITED

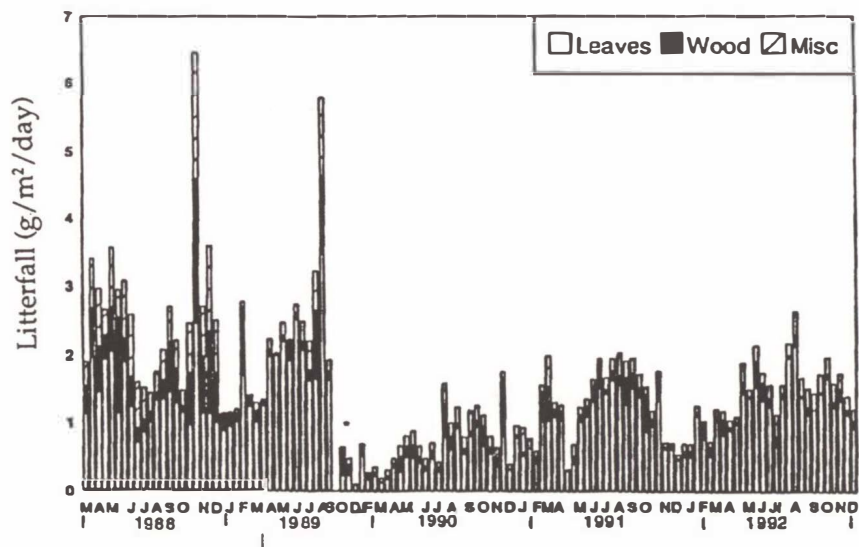
- Ahmad, R., F.N. Scatena, and A. Gupta. 1993. Morphology and sedimentation in Caribbean montane streams: examples from Jamaica and Puerto Rico. *Sedimentary Geology* 85:157-169.
- Basnet, K., G.E. Liken, F.N. Scatena, and A.E. Lugo. 1992. Hurricane Hugo: damage to a



- =before Hugo + =after Hugo

Note: before 8-90, fruits were in Misc.

Figure 1. -Bisley litterfall before and after Hurricane Hugo (Sept. 18, 1989).



Month and year (*except Hurricane Hugo)

Figure 2. -Bisley litterfall, March 1988 to Dec. 1992, (biweekly collection).

- tropical rain forest in Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology* 8:47-55.
- Bowden, W.B., W.H. McDowell, C.E. Asbury, and A.M. Finley. [In press]. Riparian nitrogen dynamics in two geomorphology distinct tropical rain forest watersheds: nitrous oxide fluxes. *Biogeochemistry*.
- Everham, E., R. Waide, and F.N. Scatena. 1992. Field guide to the ecosystem models of the Luquillo Experimental Forest, long term research site.
- Hall, C.A.S., M.R. Taylor, and E. Everham. 1992. A geographically based ecosystem model and its application to the carbon balance of the Luquillo Forest, Puerto Rico. *Water, Air, and Soil Pollution* 64:385-405.
- Hilgartner, W.B., G.S. Brush, and F.N. Scatena. 1992. A paleoecological history of hurricane succession in the Luquillo Mountains, Puerto Rico.
- Larsen, M.C. and A.J. Torres-Sánchez. 1992. Landslides triggered by Hurricane Hugo in eastern Puerto Rico, September 1989. *Caribbean Journal of Science* Vol. 28, No. 3-4, 113-125.
- Lugo, A.E. and F.N. Scatena. 1992. Epiphytes and climate change research in the Caribbean: A proposal. *Selbyana* 13:123-130.
- McDowell, W.H., W.B. Bowden, and C.E. Asbury. [In press]. Riparian nitrogen dynamics in two geomorphology-distinct tropical rain forest watersheds: subsurface solute patterns. *Biogeochemistry*.
- Sastre-De Jesús, I. 1992. Estudios preliminares sobre comunidades de briofitas en troncos en descomposición en el bosque subtropical lluvioso de Puerto Rico. *Tropical Bryology* 6:181-192.
- Scatena, F.N., W. Silver, T. Siccama, A. Johnson, and M.J. Sánchez. 1993. Biomass and nutrient content of the Bisley Experimental Watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico, before and after Hurricane Hugo, 1989. *Biotropica* 25(1):15-27.

CHEMISTRY LABORATORY

Mary Jeane Sánchez
Chemist

Operations of the laboratory of the Institute of Tropical Forestry began in 1981 under the supervision of Dr. Jorge Frangi, a visiting scientist from Argentina. When Dr. Frangi returned to Argentina, a chemistry student assumed leadership of the laboratory. We now have a permanent group of three chemists and a part-time student assistant. The laboratory has the capacity to analyze total and available elements in soils and plant tissues. Some of the analyses are: aluminum, calcium, phosphorus, iron, manganese, magnesium, nitrogen, potassium,

and organic matter. In 1981, the laboratory conducted 93 analyses for 2 investigators. In 1992, it served 18 projects with a total of 28,509 analyses (fig. 1). Six of the 18 projects correspond to international collaborators from Brazil, Venezuela, Argentina, and China (table 1). Plant tissue samples were 70 percent of the analyses, the remaining 30 percent were soil samples. The laboratory is expanding its capacity and we plan to analyze air and water samples in the near future.

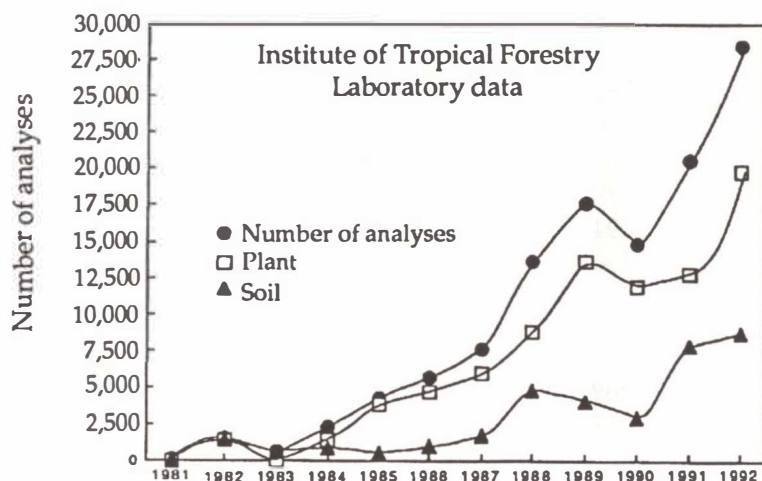


Table 1. -Analyses conducted and for whom by the laboratory of the Institute of Tropical Forestry in 1992.

Analysis	ITF scientists		Other scientists				Total
			in Puerto Rico		International		
	Soil	Plant	Soil	Plant	Soil	Plant	
Total A1	620	279	15	255	166	1,097	2,432
B	-*	-	-	-	10	221	231
Ca	606	216	15	248	117	1,084	2,286
Co	-	-	-	-	15	296	311
Cr	-	-	-	-	15	296	311
Cu	-	-	-	-	15	370	385

Table 1. (cont'd).

Analysis	ITF scientists		Other scientists				
	Soil	Plant	in Puerto Rico		International		Total
			Soil	Plant	Soil	Plant	
Fe	618	257	15	248	166	1,090	2,394
K	581	216	15	248	117	1,072	2,249
Mg	580	216	15	248	117	1,071	2,247
Mn	618	216	15	255	117	1,095	2,316
Mo	-	-	-	-	-	174	174
N	205	345	15	180	37	448	1,230
Na		176			5	549	730
Ni					15	296	311
P	606	216	15	248	117	1,073	2,275
Zn					15	304	319
Ash	-	128	-			855	983
Bulk density	72		658				730
Loss on ignition	18	-	94		86		198
Moisture	400	-	695				1,095
Organic matter	70	-	994		10		1,074
pH(H2O)	194	-	964		33		1,191
pH(KC1)	106	-	964		33		1,103
Exchangeable							
Acidity	22	-	14		10		46
Al	289				12		301
Ca	311	-	14		30		355
Co					4		4
Cr					4		4
Cu					4		4
Fe	119	-	15		40		174
K	119	-	15		46		180
Mg	311	-	14		38		363
Mn	311	-	15		54		380
Na		-	14		14		28
Ni					4		4
p	22	-	15		54		91
Number of analyses	6,798	2,265	4,605	1,930	1,520	11,391	28,509

*Not applicable

SILVICULTURAL RESEARCH

John K. Francis
Research Forester

During the last year, plantation silviculture research has entered a final summation phase at ITF. The field work required to survey and evaluate the hundreds of species tested in plantations in Puerto Rico is now complete, and the reporting of results is under way. An overall summary of plantation species in Puerto Rico is being assembled as well as separate reports on *Swietenia* spp., *Calophyllum calaba*, *Eucalyptus* spp., and *Pinus caribaea*.

Recently, a final draft report of the species adaptability tests has been prepared. Some 37 different installations were planted between 1958 and 1966. After early measurements, little was done with them until 1988. Many had been lost under various circumstances over the years. However, 12 were still sufficiently well stocked to justify complete measurement. The standard plantation species, *Pinus caribaea* and *Hibiscus elatus* have performed well. Favorite *Swietenia macrophylla* has not grown as well as anticipated and *Tectona grandis* performed poorly under the

conditions of this test. Other species that have shown impressive growth on one or more sites are *Anthocephalus chinensis*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Eucalyptus saligna*, *E. X bengalore* (probably *tereticornis*), *Khaya nyasica*, *K. senegalensis*, *Pterocarpus macrocarpus*, and *Schizolobium parahybum*.

The Tropical Silvics Manual, a basic extension of silvicultural research, continues to grow at a steady pace. This series consists of short monographs covering the biological properties, management, and uses of individual species of trees important in Puerto Rico. These monographs are published individually in English in 3-hole punched form for easy assembly in binders as they are published. To date, 55 have been printed, and about 30 are being prepared. An additional 20 tropical species are covered in the "U.S. Silvics Manual" using the same format. During the past year, monographs for 12 additional species have been printed (table 1).

Table 1. -Tree species described in the new "Tropical Silvics Manual" series published during the last year.

Species	Author(s)	Publication number
<i>Cupania americana</i>	John K. Francis	SO-ITF-SM-44
<i>Hyeronima clusioides</i>	John K. Francis	SO-ITF-SM-45
<i>Swietenia mahagoni</i>	John K. Francis	SO-ITF-SM-46
<i>Guazuma ulmifolia</i>	John K. Francis	SO-ITF-SM-47
<i>Melicoccus bijugatus</i>	John K. Francis	SO-ITF-SM-48
<i>Acacia farnesiana</i>	John A. Parrotta	SO-ITF-SM-49
<i>Gliricidia sepium</i>	John A. Parrotta	SO-ITF-SM-50
<i>Spondias mombin</i>	John K. Francis	SO-ITF-SM-51
<i>Leucaena leucocephala</i>	John A. Parrotta	SO-ITF-SM-52
<i>Pinus caribaea</i>	John K. Francis	SO-ITF-SM-53
<i>Pinus patula</i>	Andrew J.R. Gillespie	SO-ITF-SM-54
<i>Roystonea borinquena</i>	John K. Francis	SO-ITF-SM-55

WILDLIFE RESEARCH

Joseph M. Wunderle, Jr.
Research Wildlife Biologist

During the 1992 fiscal year, a migrant survey project was completed, two exploratory field projects were initiated, and several small projects were completed.

Distribution of Overwintering Neotropical Migrants in The Bahamas and Greater Antilles

Recent concern regarding the fate of neotropical migrants stimulated the World Wildlife Fund-United States to provide Robert B. Waide (Center for Energy and Environment Research, University of Puerto Rico) and myself with funding to survey the winter distribution of migrants in The Bahamas and Greater Antilles. Using both visual censuses (point counts) and mist nets, we surveyed the distribution of migrant land birds in 15 habitat types at 62 sites on the islands of Andros, New Providence, and Great Inagua in The Bahamas and in western Cuba, Jamaica, Dominican Republic, Puerto Rico, and St. John in the Greater Antilles. Our surveys were run between the months of November and March, starting in 1986 and terminating in January 1992.

During our surveys, we detected 150 species of which 23 percent were overwintering neotropical migrants. The majority of wintering migrant species (74 percent) were wood warblers (subfamily Parulinae in Emberizidae). An expected decrease in total migrant abundance with distance from North America and decrease in island size were only weakly supported, whereas migrant species richness did not vary with distance and size, suggesting that other factors are more important in contributing to migrant distribution (fig. 1). No consistent relationships were found between the abundance and distribution of migrants and residents, nor did the two groups differ in their degree of habitat specialization.

In The Bahamas, the highest total migrant counts occurred in a brushy field and a residential area, whereas migrant species richness was highest in dry scrub and lowest in pine. In the Greater Antilles, the highest total migrant counts occurred in mangroves, shade coffee, and moist secondary forests. Dry habitats usually had few migrant individuals, but some were relatively rich in species.

Many migrants winter on densely populated islands, which have been extensively deforested. Current estimates show that an average of 21 percent of the land area, or approximately 5 million hectares, remain in forest on Caribbean and Bahamian islands, indicating that most of the major deforestation has already occurred. Although reforestation is under way on a few islands (e.g., Puerto Rico, Cuba, some Bahamian islands), many remnant forest fragments are threatened by people or disturbances such as drought or hurricanes. Thus, wintering migrants requiring closed-canopy forest are at greatest risk to habitat loss, whereas species requiring early successional habitats are not currently threatened, assuming that pesticide use does not increase. Policies that protect forests will be beneficial to migrants and endemic species alike (Wunderle and Waide 1992).

Winter Distribution and Survival of Neotropical Migrants in Small Versus Large Coffee Plantations in the Dominican Republic

During 3 weeks in February 1992, we sampled migrant abundance and distribution in shade coffee plantations in the Cordillera Central of the Dominican Republic. We found wintering migrants, especially black-and-white warbler (*Mniotilta varia*), Cape May warbler (*Dendroica tigrinum*), black-throated blue warbler (*D. caerulescens*), American redstart

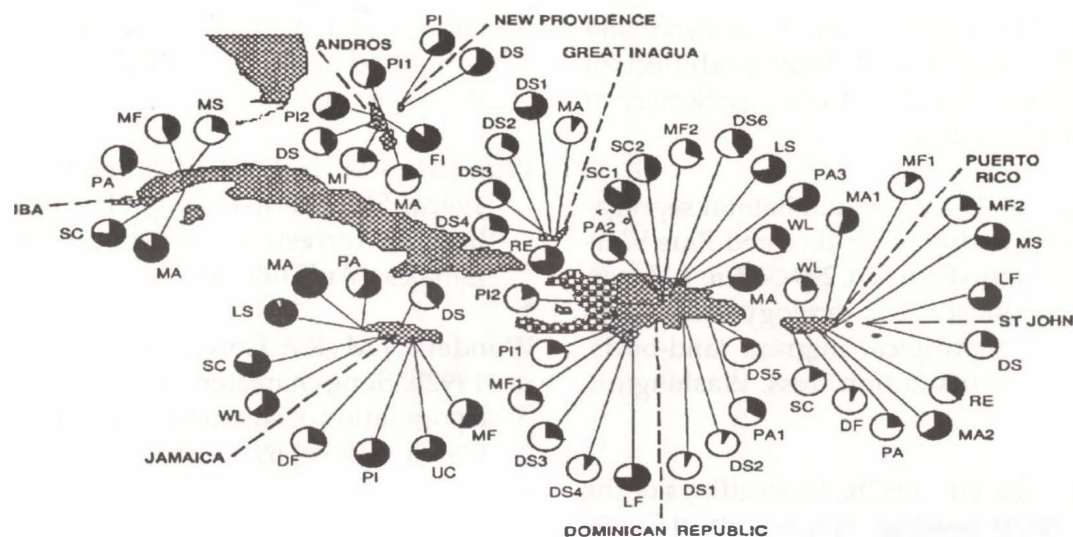


Figure 1. --Percentage of 25-m radius point counts in which wintering neotropical migrant landbirds were detected in the Bahamas (Andros, New Providence, Great Inagua) and Greater Antilles (Cuba, Jamaica, Dominican Republic, Puerto Rico, St. John) during November-March 1986-1992. The black portion of the circles indicate the percentage of points with migrants in habitats designated by a two letter code: DS, dry limestone scrub; DF, dry limestone forest; FI, brushy field; LF, lowland forest edge; LS, lowland second growth; MA, mangrove; MI, mixed pine and scrub; MF, montane broadleaf forest; MS, montane second growth; PA, pasture; PI, pine; RE, residential; SC, shade coffee; US, sun coffee; WL, wet limestone forest. Habitats sampled in more than one location on the same island are indicated by numbers.

(*Setophaga ruticilla*), and ovenbird (*Seiurus aurocapillus*), to be abundant in shade coffee plantations. Even some of the smallest coffee plantations (0.5 ha) had high migrant abundances. These observations seem to suggest that habitat fragmentation does not affect wintering migrant abundance. However, we need to know whether migrant survival in these small plantations is equivalent to survival in large coffee plantations. This is one of the central issues of conservation biology --what effect does habitat fragmentation have on wildlife survival and abundance? This problem is the focus of our 3-year migrant project begun in October 1992 and funded by the National Fish and Wildlife Foundation with matching support from the John D. and Catherine T. MacArthur Foundation.

Additional Projects

A 3-week trip to Manaus, Santarem, and Belem, Brazil, enabled me to meet with potential collaborators and visit a field site for our future project on the effects of selective logging on Amazonian wildlife. Two papers on the effects of hurricanes were published in this period (Ackerman *et al.* 1992, Wunderle *et al.* 1992a) a long with a paper describing sexual habitat segregation in a wintering neotropical migrant (Wunderle 1992a). The results of a research project involving student participation at the University of Puerto Rico were also published (Wunderle *et al.* 1992b). Finally, the Society for Caribbean Ornithology meeting was held in Old San Juan (July 31- August 5, 1992), with partial sponsorship by the Institute (Wunderle 1992b).

LITERATURE CITED

- Ackerman, J.D., L.R. Walker, N. Scatena, and J.M. Wunderle, Jr. 1991. Ecological effects of hurricanes. *Bulletin of Ecology Society of America* 72:178-180.
- Wunderle, J.M. 1992a. Sexual habitat segregation in wintering Black-throated Blue Warblers in Puerto Rico. Pp. 299-307 *in*: J. Hagan and D.P. Johnson, eds. *ecology and conservation of neotropical migrant land-birds*. Smithsonian Institution Press. Washington, DC.
- Wunderle, J.M., ed. 1992b. *Proceedings of the 1992 annual meeting of the Society of Caribbean Ornithology*. Old San Juan, PR. 33 p.
- Wunderle, J.M. and R.B. Waide. 1992. Distribution of neotropical migrants in the Bahamas and Greater Antilles. A summary report submitted to World Wildlife Fund U.S. Washington, DC. 70 p.
- Wunderle, J.M., Jr., D.J. Lodge, and R.B. Waide. 1992a. Short-term effects of Hurricane Gilbert on terrestrial bird populations on Jamaica. *Auk* 109:148-166.
- Wunderle, J.M., R.A. Cortes, and W. Carromero. 1992b. Song characteristics and variation in a population of Bananaquits on Puerto Rico. *Condor* 94:680-691.

Table 1. -Activities in which Institute of Tropical Forestry (ITF) staff participated during 1992

Local	National	International
Continued to monitor basic hydrologic and ecologic parameters in the Bisley Experimental Watersheds and have expanded the monitoring of phenology and regeneration following Hurricane Hugo.	Hosted five students from Puerto Rico and the mainland that worked in the Bisley watersheds.	Participated in an international workshop entitled "Natural Sinks of CO ₂ ."
Purchased equipment and in the process of establishing water and atmospheric chemistry labs.	Sponsored Department of Energy global change post-doctoral scientist spending a year at ITF who has established a series of global change forest monitoring plots.	Coedited the proceedings of an international workshop entitled "Natural Sinks of CO ₂ ."
In cooperation with the U.S. Geological Survey, ITF has installed two climatic monitoring stations in the Luquillo Experimental Forest.	Studies on the response of Bisley soils to disturbance resulted in a Ph.D. thesis.	Sponsored international interns from Brazil (two) and Costa Rica (two) who worked for 2 to 6 months on various aspects of tropical forestry.
Prepared a report entitled "Bano de Oro Natural Area, Luquillo Mountains, Puerto Rico."	Published a paper on a hydrologic and ecosystem model for the Bisley watersheds.	Published papers on the biomass and chemical content of vegetation in the Bisley watersheds.
Published a paper entitled "Forest Service research in Virgin Islands National Park". The paper briefly describes USDA FS activities since 1982 including current activities of damage assessment after Hurricane Hugo and the Cinnamon Bay productivity study.	Presented an illustrated lecture on tropical forests and forestry at the Forest Products Laboratory in Wisconsin.	Prepared a paper for the 6th Caribbean Foresters Conference entitled "Secondary forest management and line planting in the Lesser Antilles."
Advised on forest inventory techniques in western Puerto Rico for the Puerto Rico Department of Natural Resources.	Presented a description of tropical forestry research opportunities for students of 1890 and Historically Black Colleges and Universities in the United States at their annual meeting in St. Thomas.	Participated in line planting technology transfer in Grenada, Venezuela, and the Dominican Republic.
	Submitted reviews of more than 20 scientific manuscripts.	Developed a preproposal entitled "Conservation, silviculture, and demonstration in Grenada" for review by Grenada's government for possible implementation.
	Received a grant from the National Fish & Wildlife Foundation.	

Table 1. -Activities in which Institute of Tropical Forestry (ITF) staff participated during 1992 (Continued)

Local	National	International
Presented in a symposium a scientific paper on hurricane effects on the primary stands in the Luquillo Experimental Forest at Interamerican University.	Reviewed articles for the "Journal of Field Ornithology."	Planned and sponsored a Brazilian symposium entitled "Management and rehabilitation of degraded lands and secondary forests in Amazonia."
Counseled on reforestation of the San Felipe del Morro National Historic Site in San Juan for the National Park Service.	Presented a paper at the 110th stated meeting of the American Ornithologists Union held from 24 to 28 June 1992 on the Iowa State University campus in Ames.	Drafted, with FAO support, a paper entitled "Research activities at Curua-Una, Brazil" briefly describing past research activities at that site and summarizing forestry and forest-related research in the Brazilian Amazon.
Boy Scouts of America: Directed four 3-day training sessions for 20 16- to 18- year- old Explorer Scouts as candidates for counselors on nature subjects at the Guajataka Scout Reservation, San Sebastián.	Presented a poster with John Faaborg at the National Training Workshop on the Status and Management of Neotropical Migratory Birds held at Estes Park, Colorado, 21 to 25 September 1992.	Developed a tentative study plan entitled "Succession after disturbance in the Tapajos Forest, Brazil."
Continued monitoring of pearly-eyed thrasher reproduction.	Served on a 2-week detail to the Forestry Support Program, International Forestry (USDA Forest Service/Washington) to review current programs and projects in the Asia-Pacific region.	Distributed ISTF News, the quarterly bilingual newsletter of the International Society of Tropical Foresters worldwide to approximately 2,000 members: edited 4 issues of a total of 56 printed pages with 97 articles and 2 editorials.
Continued field work on winter ecology of black-throated blue warbler.		
Completed 5 years of data gathering of phenology of Puerto Rican Parrot and its dietary fruits and seeds.		
Assisted in managing the forested properties of the U.S. Navy in Vieques Island. During the last year, forest management units have been delineated and a reconnaissance survey has been conducted by members of the ITF staff.		Prepared a revised forestry Project Plan and Environmental Impact Statement to comply with the new requirements of 1191 Federal Assistance Act for USAID, Panama.

Table 1. -Activities in which Institute of Tropical Forestry (ITF) staff participated during 1992 (Continued)

	Local	National	International
	Continued studies of biomass productivity, nutrient cycling, and biological nitrogen fixation in mixed-species plantations at a degraded coastal site in Puerto Rico.		Co-directed and lectured in a 2-week international training course on tropical silviculture and participated in the annual meeting of the FAO North American Forestry Commission, Silvicultural Study Group, both in Mexico.
	Reviewed articles for the "Caribbean Journal of Science."		
	Reviewed articles for the journal "Ornitología Caribeña."		Caribbean Natural Resources Institute: directed management planning for a demonstration forest in Dominica, and participated as a member and hosted the Board of Directors at meetings in St. Lucia and Puerto Rico.
37	Presented an invited paper at the 1992 annual meeting of the Society of Caribbean Ornithology.		
	Lectured high school and college students on ecology and forests of Puerto Rico.		Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE): lectured in a course on the silviculture of natural tropical forests and analyzed tree performance resulting from liberation thinnings, both activities in Costa Rica.
	Continued experimental ecology counseling to high school students in Barranquitas.		Completed preliminary field study of the effect of coffee plantation size on wintering migrant survival in the Dominican Republic.
			Initiated a project with cooperators in Brazil that will involve the construction of a Geographic Information System (GIS) for the purposes of forest resource assessment and policy design.

Table 1. -Activities in which Institute of Tropical Forestry (ITF) staff participated during 1992 (Continued)

Local	National	International
		Conducted a 2-day workshop in Belem, Brazil, on project design and implementation.
		Presented a paper to the International Society for the Systems Sciences in Denver, Colorado.
		Added 10 species papers to the ITF Silvics Manual (in press).
		Began work on a photographic field guide to the trees of the Tapajos National Forest, Brazil, in cooperation with the Tapajós Forest Manager.
		Initiated, in collaboration with cooperators in Brazil, research in Amazonas State on the rehabilitation of Brazil nut (<i>Bertholletia excelsa</i>) plantations.
		Represented the USDA Forest Service in an Environmental Protection Agency conference on Development and the Environment in the Caribbean.
		Participated in a preliminary meeting to organize an international meeting for the development of a forestry network for Latin America and the Caribbean.

Table 1. (Continued)

Local	National	International
		<p>-Presented a paper at ISTE/INTECOL Symposium on Restoration of Tropical Forest Eco-systems, University of Bonn, Germany, October 1991.</p> <p>-Presented a poster paper at the Third International legume conference, Royal Botanic Gardens, Kew, UK, 1992.</p>

Table 2. --Committees, groups, and associations in which ITF staff participated during fiscal year 1992

Commonwealth of Puerto Rico Groups	National Groups	International Groups
-Graduate student committees at University of Puerto Rico.	-University of the Virgin Islands Committee on Broad Policy.	-Editor "ISTF News," the newsletter of the International Society of Tropical Foresters.
-Editor "Acta Científica," the journal of the Science Teachers Association.	-U.S., Man, and the Biosphere Tropical Ecosystem Directorate.	-Forest Service committee on mahogany classification.
-Committee on landscaping El Portal del Yunque.	-Forest Service Landscape Scale Studies Planning Group.	-Committee on Forest Stewardship Council of the United Kingdom drafting sustainable management standards.
-EPSCOR Science Fair Judge.	-Puerto Rican Parrot Interagency Steering Group.	-United Nations/FAO Northern American Forestry Commission Study Group on Silviculture.
-Puerto Rico Department of Natural Resources Committee for a Mona Island Policy.	-Long-Term Ecological Research (LTER) proposal and annual report committees.	-Member of Board of Directors of the Caribbean Natural Resources Institute, St. Croix.
-Chairperson of the Natural History Society of Puerto Rico Conservation Committee.	-USAID technical proposal committee.	-Editorial Board for the journal "New Forests," Amsterdam.
-Caribbean National Forest Interdisciplinary Planning Committee and Committee on the Selection of Wild and Scenic Rivers.	-Graduate student committees, Universities of Vermont, Colorado, and New Hampshire.	-Advisory Committee for the La Selva Biological Station.
-Boy Scouts of America, Puerto Rico Council, Member of Board and Chairperson of Nominating Committee.	-Society of American Foresters World Forestry Committee.	-Advisory committee and principal advisor for candidate for Lic. Degree in Chemistry, University of Costa Rica.
-University of Puerto Rico Botanical Garden Planning Committee.		
-National Park Service Interagency Committee on landscaping El Morro.		

Table 2. --Committees, groups, and associations in which ITF staff participated during fiscal year 1992 (Continued)

Commonwealth of Puerto Rico Groups	National Groups	International Groups
		<p>-Advisory committee, Master's Program in Environmental Chemistry and Waste Management, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.</p>
		<p>-Committee for Biosphere-Atmosphere Trace Gas Exchange in the Tropics (BATGE) of the International Geosphere-Biosphere Program.</p>

Table 3. --Visitors to the Institute of Tropical Forestry during fiscal year 1992

Abel, Herbert Humacao, Puerto Rico	Carrasquillo Ortíz, Teresita Carolina, Puerto Rico
Acosta, Carlos G. Departamento de Recursos Naturales San Juan, Puerto Rico	Carrasquillo Ortíz, Verónica Carolina, Puerto Rico
Aguirre, María Hato Rey, Puerto Rico	Carrero Ramos, José F. Departamento de Recursos Naturales Mayaguez, Puerto Rico
Alvarado, Auranyd Río Piedras, Puerto Rico	Christie, Karen L. Vancouver, BC, Canada
Aquino, Paul M. Cataño, Puerto Rico	Christie, Phil J. Victoria, BC, Canada
Arengo, Marcos A. Carolina, Puerto Rico	Cianchini, Carlos José Guayama, Puerto Rico
Arias Alvarez, Antonio Caparra, Puerto Rico	Clauss, Esther Servicio Alemán (Ded) Santo Domingo, Dominican Republic
Arocho Vale, Aníbal Moca, Puerto Rico	Collazo, Antonia P. Río Piedras, Puerto Rico
Atkins, Ana L. Bayamón, Puerto Rico	Colón Lugo, Limary Río Piedras, Puerto Rico
Bonilla, Gilbert Departamento de Recursos Naturales San Juan, Puerto Rico	Colón, Juan M. Fajardo, Puerto Rico
Bultrón Rodríguez, Jeannette Bayamón, Puerto Rico	Colón, Gabriel R. Fajardo, Puerto Rico
Burgos, Myrna Bayamón, Puerto Rico	Colón, Luis A. Río Piedras, Puerto Rico
Candelas, Samuel Orocovis, Puerto Rico	Cordero, Irma Naguabo, Puerto Rico
Caraballo González, Marsi Trujillo Alto, Puerto Rico	Cordero, Roberto Departamento de Biología Universidad de Puerto Rico Río Piedras, Puerto Rico

Table 3. --Visitors to the Institute of Tropical Forestry during fiscal year 1992 (Continued)

Correa, Zoraida Río Grande, Puerto Rico	Evans, Michael A. San Juan, Puerto Rico
Cotto Cardona, Nanette Bayamón, Puerto Rico.	Everham, Win State University of New York College of Environmental Science and Forestry Syracuse, New York
Cuevas, Cynthia Naranjito, Puerto Rico	Federer, Fritz Santurce, Puerto Rico
Cuevas García, Angel M. Naranjito, Puerto Rico	Fernández Sosa, Angelo Humacao, Puerto Rico
David Colón, Carmen M. Río Piedras, Puerto Rico	Fields, Jenees Huntsville, Alabama
Dávila, José A. Comerio, Puerto Rico	Floyd, Homer Vieux Fort, St. Lucia
De León, Nellie Gurabo, Puerto Rico	Flued, Marcheterre Harvard Forest Petersham, Massachusetts
Dederick de Rivera, Amelia Carolina, Puerto Rico	Ford, Morris S. U.S. Fish and Wildlife Service Palmer, Puerto Rico
Delgado, Edward A. Bayamón, Puerto Rico	Francis, Rebekah Provo, Utah
Drew, Allan P. State University of New York College of Environmental Science and Forestry Syracuse, New York	Fujiwara, Kazue Yokohama National University Yokohama, Japan
Ellis, Thomas Director Southern Forest Experiment Station USDA Forest Service New Orleans, Louisiana	García, Evelyn Gurabo, Puerto Rico
Esquilín, Juan R. Toa Alta, Puerto Rico	García, Eduardo Juncos, Puerto Rico
Estrada Ruiz, Janice Trujillo Alto, Puerto Rico	García, Jomara L. Naranjito, Puerto Rico

Table 3. —Visitors to the Institute of Tropical Forestry during fiscal year 1992 (Continued)

García, José Iván Naranjito, Puerto Rico	Haine, Bruce Botany Department University of Georgia Athens, Georgia
García, Miguel A. Departamento de Biología Universidad de Puerto Rico Río Piedras, Puerto Rico	Hager, Johannes Servicio Alemán de Cooperación Santo Domingo, Dominican Republic
García, Nicolás Corozal, Puerto Rico	Halloran, Conchita G. Greenwich, Connecticut
García Rodríguez, Mildred Fajardo, Puerto Rico	Hayashi, Ryoji Japan International Association for Mangroves Tokyo, Japan
García, Vivian Naranjito, Puerto Rico	Henderson, Bridget San Juan, Puerto Rico
García, Viviana Liz Naranjito, Puerto Rico	Hernández, María Bayamón, Puerto Rico
García, Xiomara L. Naranjito, Puerto Rico	Hernández Pérez, Aracelis Santurce, Puerto Rico
Gines, Cindy Río Piedras, Puerto Rico	Ingram, Denise USDA Forest Service Forest Products Laboratory Madison, Wisconsin
Giusti, Juan Río Piedras, Puerto Rico	Irizarry, Javier C. Luquillo, Puerto Rico
González, Cabán, Armando Riverside, California	Jennings-Eckert, Penelope Plan Sierra Santiago, Dominican Republic
González, Luis A. Gurabo, Puerto Rico	Jones, Susan C. Gulfport, Mississippi
Gronski, Steve Florissant, Missouri	Kavanaugh, Marianne Isla Verde, Puerto Rico
Guerrero, Ricardo O. Recinto de Ciencias Médicas San Juan, Puerto Rico	

Table 3. --Visitors to the Institute of Tropical Forestry during fiscal year 1992 (Continued)

Kolison, Stephen H. Tuskegee University Tuskegee, Alabama	McClung, Macky Southern Forest Experiment Station USDA Forest Service New Orleans, LA
Kouzo Kato, Armando INPA-CPST Manaus, Amazonas, Brazil	Machado, Azalea Dorado, Puerto Rico
Lamadrid Ortiz, Martín E. Carolina, Puerto Rico	Marín Ortiz, Pablo R. Cayey, Puerto Rico
Lampman, Scott International Forestry Forestry Support Program USDA Forest Service Washington, DC	Martin Pérez, Ruben Hato Rey, Puerto Rico
Lara, Felipe Departamento de Recursos Naturales San Juan, Puerto Rico	Martínez Casanova, Pedro San Juan, Puerto Rico
Lauridsen, E.B. Danida Forest Seed Centre Humblebak, Denmark	Martínez, Pablo Luquillo, Puerto Rico
Lema Rodríguez, Roberto Hormigueros, Puerto Rico	Martínez Pastoriza, Guillermo Orocovis, Puerto Rico
Lewis, David Castries, St. Lucia	Merkel, Albert Bridgetown, Barbados
Liu, Lii Chyuan Estación Experimental Agrícola Universidad de Puerto Rico Río Piedras, Puerto Rico	Meyers, J. Michael U.S. Department of the Interior Fish and Wildlife Service Palmer, Puerto Rico
López Ramírez, Audelis Juncos, Puerto Rico	Millán, María M. Río Grande, Puerto Rico
Loubriel, Guillermo A. Bayamón, Puerto Rico	Miranda, Ricardo J. Río Piedras, Puerto Rico
Lugo, Maritza Carolina, Puerto Rico	Monge López, Pedro A. Carolina, Puerto Rico
	Morales, Juan Alberto Río Piedras, Puerto Rico
	Morris Hernández, K. Carolina, Puerto Rico

Table 3. --Visitors to the Institute of Tropical Forestry during fiscal year 1992 (Continued)

Murphy, Alice
East Lansing, Michigan

Murphy, Erin
East Lansing, Michigan

Murphy, Peter
Michigan State University
East Lansing, Michigan

Negrón Rios, Gloriselle
Caguas, Puerto Rico

Nellis, David W.
St. Thomas, Virgin Islands

Ordeig Fos, Luis
Valencia, España

Ortiz, Jessie
Canóvanas, Puerto Rico

Pabón Nevarez, R.
Bayamón, Puerto Rico

Padró, Carmen M.
Carolina, Puerto Rico

Pagán, Michelle
University of Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Pardieu, Keith
U.S. Fish and Wildlife Service
Palmer, Puerto Rico

Pérez, Sol E.
Río Piedras, Puerto Rico

Peterson, Dr. Erv
Santa Rosa, California

Pineda, Carlos E.
Tegucigalpa, Honduras

Piñero Norat, Karla
Carolina, Puerto Rico

Portell Ortiz, Ivette
Carolina, Puerto Rico

Quigby, Martin F.
Department of Botany,
Louisiana State University
Baton Rouge, Louisiana

Quintero, Héctor
Carolina, Puerto Rico

Quintero, Héctor
San Germán, Puerto Rico

Quiñones Seijo, Pedro F.
Carolina, Puerto Rico

Ramos Meléndez, Herminio
Toa Baja, Puerto Rico

Ramos, Nelly
Río Piedras, Puerto Rico

Ranciato, John
New Haven, CT

Ratner, Ethel A.
Carolina, Puerto Rico

Rentas Pizarro, Odaliz
Trujillo Alto, Puerto Rico

Resto, Ledith
Departamento de Biología
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Reyes Casanova, Otto
Hato Rey, Puerto Rico

Table 3. --Visitors to the Institute of Tropical Forestry during fiscal year 1992 (Continued)

Reyes Rivera, Ileana
Cataño, Puerto Rico

Riley, Joann
Saline, Michigan

Rivera, Gori L.
Caguas, Puerto Rico

Rivera, José Alberto
Guayama, Puerto Rico

Rivera, Luis
Departamento de Biología
Universidad de Puerto Rico
Río Piedras, Puerto Rico

Rivera, María Nereida
Santurce, Puerto Rico

Rivera, Rosaura
Oficina de Publicaciones
Autoridad de Energía Eléctrica
Río Piedras, Puerto Rico

Rivera Sánchez, Joey
Bayamón, Puerto Rico

Rodríguez, Dalma E.
Río Piedras, Puerto Rico

Rodríguez Díaz, David A.
Río Piedras, Puerto Rico

Rodríguez Méndez, Manuel
Trujillo Alto, Puerto Rico

Rodríguez, Ramón
San Juan, Puerto Rico

Rodríguez Reyes, Juan A.
Barceloneta, Puerto Rico

Rodríguez, Víctor M.
Bayamón, Puerto Rico

Román, Miriam A.
Dorado, Puerto Rico

Romero Marrero, Giselle
Dorado, Puerto Rico

Rosario, Guillermo
Río Grande, Puerto Rico

Said, Mahamoud
CARE-Comere
Moroni, Comoros

Salgado, Juan
Río Piedras, Puerto Rico

Sánchez, Rafael
Hato Rey, Puerto Rico

Sanjurjo, Lizamar
Río Grande, Puerto Rico

Santiago, Ana C.
Río Piedras, Puerto Rico

Santiago, Manuel
Cataño, Puerto Rico

Santiago-Moreno, Ana Celia
Río Piedras, Puerto Rico

Santini, Raúl
Departamento de Recursos Naturales
San Juan, Puerto Rico

Schultz, Robert
Assistant Director for Research, East
Southern Forest Experiment Station
USDA Forest Service
New Orleans, Louisiana

Table 3. --Visitors to the Institute of Tropical Forestry during fiscal year 1992 (Continued)

Sepúlveda, Saryvette Bayamón, Puerto Rico	Valentin, Eva Carolina, Puerto Rico
Serrano-Gálvez, Enrique División de Ciencias Forestales Chapingo, Mexico	VanDe Genachte, Eric E. Río Grande, Puerto Rico
Silva, María Teresa Río Piedras, Puerto Rico	Vázquez Pérez, Wilfredo Bayamón, Puerto Rico
Smith, Thomas H. Río Piedras, Puerto Rico	Vázquez Irizarry, Mayra Río Piedras, Puerto Rico
Sotomayor, David Guaynabo, Puerto Rico	Villanueva, Carmen P. Río Piedras, Puerto Rico
Straw, William R. Institute of Ecology University of Georgia Athens, Georgia	Villanueva, Madeline N. Bayamón, Puerto Rico
Swett, Robert University of Florida Gainesville, Florida	Villarini Baquero, Ernesto Río Piedras, Puerto Rico
Thier, R.W. Forest Pest Management Boise, Idaho	Ward, Sheila Río Piedras, Puerto Rico
Tirado, Veronica Carolina, Puerto Rico	Watlington, Francisco Department of Geography Universidad de Puerto Rico Río Piedras, Puerto Rico
Torres Burgos, Evelyn Ceiba, Puerto Rico	Witherspoon, John University of Michigan Ann Arbor, Michigan
Torres Díaz, Sonia Bayamón, Puerto Rico	Zeltier, Abbie Patagonia, Arizona
Urbano, Marlene Guaynabo, Puerto Rico	Zou, Xiaoming San Juan, Puerto Rico

A. Recent Publications of the Institute of Tropical Forestry
 (* indicates reprints available for distribution).

Publicaciones recientes del Instituto Tropical Forestal

Basnet, K. 1992. Effect of topography on the pattern of trees in tabonuco (*Dacryodes excelsa*) dominated rain forest of Puerto Rico. *Biotrópica* 24(1):31-42.

Basnet K., G.E. Likens, F.N. Scatena, and A.E. Lugo. 1992. Hurricane Hugo: damage to a tropical rain forest in Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology* 8(1):47-55.

- 001 *Baur, G.P. and A.J.R. Gillespie. 1990. Volume tables for young plantation-grown hybrid mahogany (*Swietenia macrophylla* x *S. mahagoni*) in the Luquillo Experimental Forest of Puerto Rico. Research Paper SO-257. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 8 p.

Brinson, M.M. and A.E. Lugo. 1991. Tropical wetlands: overview of their distribution and diversity. Pp. 83-89 in J.A. Kusler and S. Daly, eds. *Wetlands and River Corridor Management, Proceedings of an International Symposium*. July 5-9, 1989. Association of Wetland Managers, Berne, N.Y.

- 002 *Brown, S. and A.E. Lugo. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17(1):8-18.

Brown, S. and A.E. Lugo. 1992. Biomass of Brazilian Amazonian forests: the need for good science. *Interciencia* 17(4):201-203.

Brown, S., A.E. Lugo, and L.R. Iverson. 1992. Processes and lands for sequestering carbon in the tropical forest landscape. Pages 139-155 in J. Wisniewski, and A.E. Lugo, eds. *Natural Sinks of CO₂*, February 24-27, 1992, San Juan, Puerto Rico. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. [reprinted from *Water, Air and Soil Pollution* 64:139-155, 1992].

Chinea, J.D. 1990. Árboles introducidos a la reserva de Guánica, Puerto Rico. *Acta Científica* 4(1-3):51-59.

- 003 *Cintrón, B.B. 1990. *Cedrela odorata* L. Cedro hembra, Spanish-Cedar. Meliaceae. Mahogany family. Pp. 250-257 in Russell M. Burns and Barbara H. Honkala, comps., eds. *Silvics of North America. Volume 2, Hardwoods*. Agriculture Handbook 654. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.

Cuevas, E., S. Brown, and A.E. Lugo. 1991. Above- and belowground organic matter storage and production in a tropical pine plantation and a paired broadleaf secondary forest. *Plant and Soil* 135(2):257-268.

- Faaborg, J. and W. Arendt. 1992. Rainfall correlates of bird population fluctuations in a Puerto Rican dry forest: a 15-year study. *Ornitología Caribeña* 3:10-19.
- Faaborg, J. and W.J. Arendt. 1990. Long-term studies of Guánica forest birds. *Acta Científica* 4(1-3):69-80.
- Figueroa, J.C. 1991. The ecology and distribution of Cuban plants. *Ecology* 75(5):1,912. [book review].
- 004 *Francis, J.K. 1992. *Spondias mombin* L. Hogplum. Anacardiaceae. Cashew family. SO-ITF-SM-51. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.
- 005 *Francis, J.K. 1992. *Pinus caribaea* Morelet. Caribbean Pine. Pinaceae. Pine family. SO-ITF-SM-53. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 10 p.
- 006 *Francis, J.K. 1992. *Melicoccus bijugatus* Jacq. Quenepa. Sapindaceae. Soapberry family. SO-ITF-SM-48. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. New Orleans, LA. 4 p.
- 007 *Francis, J.K. 1991. *Cupania americana* L. Guara. Sapindaceae. Soapberry family. SO-ITF-SM-44. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.
- 008 *Francis, J.K. 1991. *Guazuma ulmifolia* Lam. Guacima. Sterculiaceae. Chocolate family. SO-ITF-SM-47. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.
- 009 *Francis, J.K. 1991. *Hyeronima clusioides* (Tul.) Muell.-Arg. Cedro macho. Euphorbiaceae. Spurge family. SO-ITF-SM-45. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 3 p.
- 010 *Frangi, J.L. and A.E. Lugo. 1991. Hurricane damage to a flood plain forest in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Biotropica* 23(4a):324-335.
- 011 *Gillespie, A.J.R. 1992. *Pinus patula* Schiede and Deppe. Patula pine. Pinaceae. Pine family. SO-ITF-SM 54. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.
- Haney, J.C., J.M. Wunderle, Jr., and W.J. Arendt. 1991. Some initial effects of Hurricane Hugo on endangered and endemic species of West Indian birds. *American Birds* 45(2): 234-236.
- 012 *Liegel, L.H. 1991. Growth and site relationships of *Pinus caribaea* across the Caribbean Basin. Gen. Tech. Rep. S0-83. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 70 p.
- 013 *Liegel, L.H. 1990. *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Decne. & Planch. Yagrumo macho. Araliaceae. Ginseng family. Pp. 288-293 in Russell M. Burns and Barbara H. Honkala,

comps., eds. Silvics of North America. Volume 2, Hardwoods. Agriculture Handbook 654. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.

- 014 *Liegel, L.H. and J.W. Stead. 1990. *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. Laurel, capa prieto. Boraginaceae. Borage family. Pp. 270-277 in Russell M. Burns and Barbara H. Honkala, comps., eds. Silvics of North America. Volume 2, Hardwoods. Agriculture Handbook 654. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.

Liegel, L.H. and J.L. Whitmore. 1990. *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. Pages 1-16 in Russell M. Burns and Menandra Mosquera, eds. Useful trees of tropical North America. North American Forestry Commission, Washington, DC.

Lindsey, G.D. and W.J. Arendt. 1991. Radio tracking Puerto Rican parrots: assessing triangulation accuracy in an insular rain forest. *Caribbean Journal of Science* 27(1-2):46-53.

- 015 *Lodge, D.J., F.N. Scatena, C.E. Asbury, and M.J. Sánchez. 1991. Fine litterfall and related nutrient inputs resulting from Hurricane Hugo in subtropical wet and lower montane rain forests of Puerto Rico. *Biotrópica* 23(4a):336-342.

Lugo, A.E. 1992. The search for carbon sinks in the tropics. Pages 3-9 in J. Wisniewski and A.E. Lugo, eds. Natural Sinks of CO₂, February 24-27, 1992, San Juan, Puerto Rico. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. [reprinted from *Water, Air, and Soil Pollution* 64:3-9, 1992].

Lugo, A.E. 1992. More on exotic species. *Conservation Biology* 6(1):6.

- 016 *Lugo, A.E. 1992. Tree plantations for rehabilitating damaged forest lands in the Tropics. Pages 247-255 in Mohan K. Wali, ed. *Ecosystem rehabilitation, vol. 2: Ecosystem analysis and synthesis*. SPB Academic Publishing bv, The Hague, The Netherlands.

Lugo, A.E. 1992. The role of Caribbean forests in the welfare of Caribbean islands. P. 105 in A.E. Lugo and B. Bayle, eds. *Wetlands Management in the Caribbean and the Role of Forestry and Wetlands in the Economy*. Proceedings of the Fifth Meeting of Caribbean Foresters at Trinidad, and the First Meeting of Ministers of Agriculture to Consider the Economic Role of Forestry at Saint Lucia. U.S. Department of Agriculture, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, and Region 8, Caribbean National Forest.

- 017 *Lugo, A.E. and B. Bayle. 1992. Overview comments : Fifth Caribbean Foresters Meeting. Page 1 in A.E. Lugo and B. Bayle, eds. *Wetlands Management in the Caribbean and the Role of Forestry and Wetlands in the Economy*. Proceedings of the Fifth Meeting of Caribbean Foresters at Trinidad, and the First Meeting of Ministers of Agriculture to Consider the Economic Role of Forestry at Saint Lucia. U.S. Department of Agriculture, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, and Region 8, Caribbean National Forest.

- 018 *Lugo, A.E. 1992. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. *Ecological Monographs* 62(1):1-41.

- 019 *Lugo, A.E. and B. Bayle, eds. 1992. Wetlands Management in the Caribbean and the Role of Forestry and Wetlands in the Economy. Proceedings of the Fifth Meeting of Caribbean Foresters at Trinidad, and the First Meeting of Ministers of Agriculture to Consider the Economic Role of Forestry at Saint Lucia. U.S. Department of Agriculture, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, and Region 8, Caribbean National Forest. 115 p.
- Lugo, A.E. and J. Wisniewski. 1992. Natural sinks of CO₂: Conclusions, key findings, and research recommendations from the Palmas del Mar workshop. Pp. 455-459 in J. Wisniewski and A.E. Lugo, eds. Natural Sinks of CO₂ February 24-27, 1992, San Juan, Puerto Rico. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. [reprinted from Water, Air, and Soil Pollution, 64:455-459, 1992].
- 020 *Lugo, A.E. 1991. Cities in the sustainable development of tropical landscapes. *Nature & Resources* 27(2):27-35.
- Lugo, A.E. 1991. The tropical challenge to ecological economics. Pages 200-205 in Dennis P. Bradley and Per O. Nilson, eds. Proceedings, Ecological Economics: Its Implications for Forest Management and Research. April 2-6, 1990, St. Paul, Minnesota. Research Note No. 223. The Swedish University of Agricultural Sciences, Faculty of Forestry, Garpenberg, Sweden.
- Lugo, A.E. 1990. Managing tropical forests in a time of climate change. Pages 14-17 in Proceedings of Southern Regional Technical Work-Planning Conference of the National Cooperative Soil Survey. June 18-22, 1990, San Juan, Puerto Rico. U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. [also published in: Pages 335-344 in Qureshi, A. ed. Forests in a Changing Climate. Climate Institute, Washington, DC, 1992].
- McDowell, W.H. 1991. Nutrient and major element chemistry of Caribbean rain forest streams. In: Proceedings of the International Association of Theoretical and Applied Limnology Congress; 1989; Munich, Germany. Stuttgart, Germany: E. Schweizerbartse, Verlagsbuchhanlung; 24:1720-1723.
- Medina, E., L. Sternberg, and E. Cuevas. 1991. Vertical stratification of ¹³C values in closed natural and plantation forests in the Luquillo Mountains, Puerto Rico. *Oecología* 87:369-372.
- Padín, C.M., A.E. Lugo, R. Martínez, P. González, and G. Cintrón. 1989. Plan de Manejo para los manglares de Puerto Rico. Department of Natural Resources of Puerto Rico, Coastal Zone Management Program, San Juan, Puerto Rico. 80 p.
- 021 *Parrotta, J.A. 1992. *Acacia farnesiana* (L.) Willd. Aroma, huisache. Leguminosae. (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-49. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 6 p.
- 022 *Parrotta, J.A. 1992. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Leucaena, tantan. Leguminosae. (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-52. U.S. Department of Agriculture, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 8 p.

- 023 *Parrotta, J.A. 1992. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. Gliricidia, Mother of Cocoa. Leguminosae (Papilionoideae). Legume family. SO-ITF-SM-50. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 7 p.
- Parrotta, J.A. 1992. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems, and Environment* 41:115-133.
- Parrotta, J.A. 1991. Effect of an organic biostimulant on early growth of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus tereticornis*, *Leucaena leucocephala*, and *Sesbania sesban* in Puerto Rico. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports* 9:50-56.
- Parrotta, J.A. 1991. Performance of thirteen tropical tree species at a coastal plantation site in Puerto Rico. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports* 9:47-49.
- Parrotta, J.A. 1990. Coppice growth in clearcut and lightly thinned *Albizia lebbek* plantations. *Journal of Tree Science* 10(1):13-18.
- Parrotta, J.A. and D.J. Lodge. 1991. Fine root dynamics in a subtropical wet forest following hurricane disturbance in Puerto Rico. *Biotropica* 23(4a):343-347.
- 024 *Reyes, G., S. Brown, J. Chapman, and A.E. Lugo. 1992. Wood densities of tropical tree species. General Technical Report SO-88. U.S. Department of Agriculture, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 15 p.
- Scatena, F.N. and M.C. Larsen. 1991. Physical aspects of Hurricane Hugo in Puerto Rico. *Biotropica* 23(4a):317-323.
- 025 *Silander, S.R. and A.E. Lugo. 1990. *Cecropia peltata* L. Yagrumo hembra, trumpet-tree. Moraceae. Mulberry family. Pages 244-249 in Russell M. Burns and Barbara H. Honkala, comps., eds. *Silvics of North America. Volume 2. Hardwoods. Agriculture Handbook 654*. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
- 026 *Steudler, P.A., J.M. Melillo, R.D. Bowden, M.S. Castro, and A.E. Lugo. 1991. The effects of natural and human disturbances on soil nitrogen dynamics and trace gas fluxes in a Puerto Rican wet forest. *Biotropica* 23(4a):356-363.
- 027 *Torres, J.A. 1992. Lepidoptera outbreaks in response to successional changes after the passage of Hurricane Hugo in Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology* 8:285-298.
- Wadsworth, F.H., ed. 1991. *International Society of Tropical Foresters News. Volume 12, number 1*. 20 p.
- Wadsworth, F.H., ed. 1991. *International Society of Tropical Foresters News. Volume 12, number 2*. 12 p.
- Wadsworth, F.H., ed. 1991. *International Society of Tropical Foresters News. Volume 12, number 3*. 12 p.

- Wadsworth, F.H., ed. 1991. International Society of Tropical Foresters News. Volume 12, number 4. 12 p.
- Wadsworth, F.H., ed. 1992. International Society of Tropical Foresters News. Volume 13, number 1. 20 p.
- Wadsworth, F.H. 1990. Plantaciones forestales en el bosque estatal de Guánica. *Acta Científica* 4(1-3):61-68.
- 028 *Waide, R.B. and A.E. Lugo. 1992. A research perspective on disturbance and recovery of a tropical montane forest. Pages 173-190 in J.G. Goldammer, ed. *Tropical Forests in Transition: Ecology of Natural and Anthropogenic Disturbance Processes*. Birkhauser Verlag, Switzerland.
- Walker, L.R., J. Voltzow, J.D. Ackerman, D.S. Fernandez, and N. Fetcher. 1992. Immediate impact of Hurricane Hugo on a Puerto Rican rain forest. *Ecology* 73(2):691-694.
- Wang, D., F.H. Borman, A.E. Lugo, and R.D. Bowden. 1991. Comparison of nutrient-use efficiency and biomass production in five tropical tree taxa. *Forest Ecology and Management* 46:1-21.
- 029 *Weaver, P.L. 1992. An ecological comparison of canopy trees in the montane rain forest of Puerto Rico's Luquillo Mountains. *Caribbean Journal of Science* 28(1-2):62-69.
- Weaver, P.L. 1992. Forest Service research in Virgin Islands National Park. *Science* 12(2):4-5.
- 030 *Weaver, P.L. 1991. Environmental gradients affect forest composition in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Interciencia* 16(3):142-151.
- Weaver, P.L. and A.J.R. Gillespie. 1992. Tree biomass equations for the forests of the Luquillo Mountains, Puerto Rico. *Commonwealth Forestry Review* 71(1):35-39.
- Wisniewski, J. and A.E. Lugo, comps., eds. 1992. Workshop statement: natural sinks of CO₂. February 24-27, 1992, San Juan, Puerto Rico. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Wisniewski, J. and A.E. Lugo, eds. 1992. Natural sinks of CO₂. February 24-27, 1992, San Juan, Puerto Rico. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 466 p. [reprinted from *Water, Air, and Soil Pollution* 64(1-2), 1992].
- Wunderle, Jr., J.M., D.J. Lodge, and R.B. Waide. 1992. Short-term effects of Hurricane Gilbert on terrestrial bird populations on Jamaica. *The Auk* 109(1):148-166.
- B. Other publications available for distribution
Otras publicaciones disponibles para distribución
- 031 *Acevedo Rodríguez, P. en colaboración con R.O. Woodbury. 1985. Los bejucos de Puerto Rico. Volumen 1. General Technical Report SO-58. U.S. Department of Agriculture,

Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 331 p.

- 032 *Arendt, W.J. 1988. Range expansion of the cattle egret (*Bubulcus ibis*) in the greater Caribbean basin. *Colonial Waterbirds* 11(2):252-262.
- 033 *Arendt, W.J. and A.I. Arendt. 1988. Aspects of the breeding of the cattle egret (*Bubulcus ibis*) in Montserrat, West Indies, and its impact on nest vegetation. *Colonial Waterbirds* 11(1):72-84.
- 034 *Arendt, W.J. and J. Faaborg. 1988. Sources of variation in measurements of birds in a Puerto Rican dry forest. *Journal of Field Ornithology* 60(1):1-11.
- 035 *Barres, H. 1964. Rooting media for growing pine seedlings in hydroponic culture. Institute of Tropical Forestry Research Note No.2. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 4 p.
- 036 *Birdsey, R.A. and D. Jiménez. 1985. The forests of Toro Negro. Research Paper SO-222. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 29 p.
- 037 *Birdsey, R.A., P.L. Weaver, and C.F. Nicholls. 1986. The forest resources of St. Vincent, West Indies. Forest Service Research Paper SO-229. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 25 p.
- 038 *Bokkestijn, A. and J.K. Francis [n.d.]. *Khayasenegalensis* Juss. Dry-zone mahogany. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-5. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans. LA. 4 p.
- 039 *Briscoe, C.B. 1962. Early lifting pine seedlings. Tropical Forest Note ITF-10. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, PR. 2 p. [available in Spanish only].
- 040 *Briscoe, C.B. 1962. Tree diameter growth in the dry limestone hills. Tropical Forest Note ITF-12. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, PR. 2 p.
- 041 *Briscoe, C.B. and R.W. Nobles. 1962. Height and growth of mahogany seedlings. Tropical Forest Note ITF-11 U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, PR. 3 p.
- 042 *Brown, S., A.E. Lugo, S. Silander, and L.H. Liegel. 1983. Research history and opportunities in the Luquillo Experimental Forest. General Technical Report SO-44. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 128 p.
- 043 *Chinea-Rivera, J.D. 1990. *Ceiba pentandra* (L) Gaertn. Ceiba, kapok, silk cotton tree. Bombacaceae. Bombax family. SO-ITF-SM-29. U.S. Department of Agriculture, Forest

Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.

- 044 *Chudnoff, M. and T.F. Geary. 1973. On the heritability of wood density in *Swietenia macrophylla*. *Turrialba* 23(3):359-362.
- 045 *Chudnoff, M. and E. Goytía. 1967. The effect of incising on drying, treatability, and bending strength of fence posts. Research Paper ITF-5. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, 20 p.
- 046 *Chudnoff, M., E.D. Maldonado, and E. Goytía. 1966. Solar drying of tropical hardwoods. Research Paper ITF-2. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 26 p.
- 047 *Crow, T.R. and P.L. Weaver. 1977. Tree growth in a moist tropical forest of Puerto Rico. Research Paper ITF-22. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 17 p.
- 048 *Englerth, G.H. 1959. Air drying conditions for lumber in the San Juan area. Tropical Forest Note 1. U.S. Department of Agriculture, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, PR. 2 p.
- 049 *Englerth, G.H. 1961. Bamboo for fence posts. Tropical Forest Note 6. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, PR. [Also available in Spanish as *Apuntes Forestales Tropicales* ITF-6].
- 050 *Figueroa-Colón, J.C., L. Totti, A.E. Lugo, and R.O. Woodbury. 1984. Structure and composition of moist coastal forests in Dorado, Puerto Rico. Research Paper SO-202. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 11 p.
- 051 *Figueroa-Colón, J.C., F.H. Wadsworth, and S. Branham, eds. Management of the forests of tropical America: prospects and technologies. Proceedings of a conference. September 22-27, 1986, San Juan, PR. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 469 p.
- 052 *Francis, J.K. [n.d.]. *Agathis robusta* (C. Moore ex F. Muell) F.M. Bailey. Queensland kauri. Araucariaceae [sic]. Araucaria family. SO-ITF-SM-10. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans LA. 5 p.
- 053 *Francis, J.K. [n.d.]. *Araucaria heterophylla* (Salisb.) Franco. Norfolk-island pine. Araucariaceae. Araucaria family. SO-ITF-SM-11. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 3 p.
- 054 *Francis, J.K. [n.d.]. *Hernandia sonora* L. Mago, toporite. Hernandiaceae. Hernandia family. SO-ITF-SM-13. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 3 p.

- 055 *Francis, J.K. [n.d.]. *Maesopsis eminii* Engl. Musizi. Rhamnaceae. Buckthorn family. SO-ITF-SM-8. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.
- 056 *Francis, J.K. [n.d.]. *Terminalia ivorensis* (A. Chev.). Idigbo emire. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-12. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.
- 057 *Francis, J.K. 1988. *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Guanacaste, earpod-tree. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-15. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.
- 058 *Francis, J.K. 1988. *Eucalyptus deglupta* Blume. Kamarere. Myrtaceae. Myrtle family. SO-ITF-SM-16. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.
- 059 *Francis, J.K. 1988. Merchantable volume table for ucar in Puerto Rico. Research Note SO-350. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 3 p.
- 060 *Francis, J.K. 1989. *Bucida buceras* L. Ucar. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-18. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.
- 061 *Francis, J.K. 1989. The Luquillo Experimental Forest Arboretum. Research Note SO-358. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 8 p.
- 062 *Francis, J.K. 1989. *Mammea americana* L. Mamey, mamee-apple. Guttiferae. Mangosteen family. SO-ITF-SM-22. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.
- 063 *Francis, J.K. 1989. Merchantable volume and weights of mahoe in Puerto Rican plantations. Research Note SO-355. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.
- 064 *Francis, J.K. 1989. *Pterocarpus macrocarpus* Kurz. Burma padauk pradu. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-19. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.
- 065 *Francis, J.K. 1989. *Tabebuia donnell-smithii* Rose. Primavera. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-25. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.
- 066 *Francis, J.K. 1989. *Terminalia catappa* L. Indian almond, almendra. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-23. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.

- 067 *Francis, J.K. 1989. *Thespesia grandiflora* (DC). Urban. Maga. Malvaceae. Mallow family. SO-ITF-SM-21. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.
- 068 *Francis, J.K. 1990. *Citharexylum fruticosum* L. Pendula, fiddlewood. Verbenaceae. Verbena family. SO-ITF-SM-34. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.
- 069 *Francis J.K. 1990. *Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingelsh. Fresno, tropical ash. Oleaceae. Olive family. SO-ITF-SM-28. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.
- 070 *Francis J.K. 1990. *Hymenaea courbaril* (L.). Algarrobo, locust. Leguminosae. Legume family. Caesalpinioideae. *Cassia* subfamily. SO-ITF-SM-27. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.
- 071 *Francis, J.K. 1990. *Spathodea campanulata* Beauv. African tulip tree. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-32. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.
- 072 *Francis, J.K. 1990 *Syzygium jambos* (L.) Alst. Rose apple. Myrtaceae. Myrtle family. SO-ITF-SM-26. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.
- 073 *Francis, J.K. 1990. *Bursera simaruba* (L.) Sarg. Almacigo, gumbo limbo. Burseraceae. Bursera family. SO-ITF-SM-35. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.
- 074 *Francis, J.K. 1990. *Byrsonima spicata* (Cav.) H.B.K. Maricao. Malpighiaceae. Malpighia family. SO-ITF-SM-36. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.
- 075 *Francis, J.K. 1990. *Carya aquatica* (Michx. F.) Nutt. Water hickory. Juglandaceae. Walnut family. Pages 186-189 in R.M. Burns and B.H. Honkala, eds. Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods. Agriculture Handbook No. 654. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.
- 076 *Francis, J.K. 1990. *Catalpa longissima* (Jacq.) Dum. Cours. Yokewood. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-37. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.
- 077 *Francis, J.K. 1990. *Hura crepitans* L. Sandbox, molinillo, jabillo. Euphorbiaceae. Spurge family. SO-ITF-SM-38. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.
- 078 *Francis, J.K. 1991. *Ochroma pyramidale* Cav. Balsa. Bombacaceae. Bombax family. SO-ITF-SM-41. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 6 p.

- 079 *Francis, J.K. 1991. *Zanthoxylum martinicense* (Lam.) DC. Espino rubial. Rutaceae. Rue family. SO-ITF-SM-42. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.
- 080 *Francis, J.K. and A. Bokkestijn. [n.d.]. *Khaya nyasica* Stapf. ex Baker f. East African mahogany. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-9. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 4 p.
- 081 *Francis, J.K. and H.A. Liogier. 1991. Naturalized exotic tree species in Puerto Rico. General Technical Report SO-82. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 12 p.
- 082 *Jiménez, J.A. 1985. *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. White mangrove. SO-ITF-SM-3. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.
- 083 *Jiménez, J.A. 1985. *Rhizophora mangle* L. Red mangrove. SO-ITF-SM-2. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 7 p.
- 084 *Jiménez, J.A. and A.E. Lugo. 1985. *Avicennia germinans* (L.) L. Black mangrove. SO-ITF-SM-4. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 6 p.
- 085 *Ledig, F.T. and J.L. Whitmore. 1981. The calculation of selection differential and selection intensity to predict gain in a tree-improvement program for plantation-grown Honduras pine in Puerto Rico. Research Paper SO-170. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 7 p.
- 086 *Liegel, L.H. 1984. Assessment of hurricane rain/wind damage in *Pinus caribaea* and *Pinus oocarpa* provenance trials in Puerto Rico. Commonwealth Forestry Review 63(1):47-53.
- 087 *Liegel, L.H. 1984. Results of 5- to 6-year old provenance trials of *Pinus oocarpa* Schiede on eight sites in Puerto Rico. Silvae Genetica 33(6):223-230.
- 088 *Liegel, L.H. 1984. Status, growth and development of unthinned Honduras pine plantations in Puerto Rico. Turrialba 34(3):313-324.
- 089 *Liegel, L.H. 1985. Growth, form, and flowering of Caribbean pine families in Puerto Rico. Commonwealth Forestry Review 64(1):67-74.
- 090 *Liegel, L.H., comp. 1991. Growth and site relationships of *Pinus caribaea* across the Caribbean Basin. General Technical Report SO-83. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA in cooperation with the University of Puerto Rico, Río Piedras, PR. 70 p.

- 091 *Liegel, L.H., R. Jones, G. Symes, B. Ramdial, and J.J. Cabrera Malo. 1985. US-AID supports study of Honduras pine in the Caribbean. *Journal of Forestry* 83(6):376-377.
- 092 *Liegel, L.H. and C.R. Venator. 1987. A technical guide for forest nursery management in the Caribbean and Latin America. General Technical Report SO-67. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 156 p.
- 093 *Little, E.L., Jr., R.O. Woodbury, and F.H. Wadsworth. 1976. Flora of Virgin Gorda (British Virgin Islands). Research Paper ITF-21. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 36 p.
- 094 Little, E.L., Jr., R.O. Woodbury, and F.H. Wadsworth. 1988. Arboles de Puerto Rico y las Islas Vírgenes, Segundo Volumen. Agriculture Handbook No. 449-S. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC. 1,177 p.
- 095 *Longwood, F.R. 1989. Maderas puertorriquenas: relacionado a su trabajo a máquina, secado y otras relacionadas. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 87 p.
- 096 *Lugo, A.E. 1981. The inland mangroves of Inagua. *Journal of Natural History* 15:845-852.
- 097 Lugo, A.E. 1987. Tropical forest management. Book review of: C.F. Jordan, ed. Amazonian rain forests. *Ecological Studies* 50. 133 p. *Journal of Forestry* 86(10):44-47.
- 098 *Lugo, A.E. 1988. Forest lands in Puerto Rico and the Caribbean 500 years after their discovery by Cristoforo Colombo. Slide presentation; includes references and an appendix. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 16 p.
- 099 *Lugo, A.E. 1990. Fringe wetlands. Pages 143-169 in A.E. Lugo, M.M. Brinson, and S. Brown, eds. *Ecosystems of the World 15: Forested Wetlands*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- 100 *Lugo, A.E. 1990. Introduction. Pages 1-14 in A.E. Lugo, M.M. Brinson, and S. Brown, eds. *Ecosystems of the World 15: Forested Wetlands*, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- 101 *Lugo, A.E. and J. Figueroa. 1984. *Anthocephalus chinensis* (Lam.) A. Rich. ex Walp. Kadam. SO-ITF-SM-1. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 6 p.
- 102 *Lugo, A.E. and L.B. Ford. 1987. Forest recreation in the Caribbean Islands. Proceedings of the Third Meeting of Caribbean Foresters May 19-23, 1986. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry and the Caribbean National Forest, New Orleans, LA. 95 p.
- 103 *Lugo, A.E. and L.B. Ford, eds. 1989. Wildlife Management in the Caribbean Islands. Proceedings of the Fourth Meeting of Caribbean Foresters, Dominica. U.S. Department

of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry and the Caribbean National Forest, Río Piedras, PR. 129 p.

- 104 *Lugo, A.E. and F.H. Wadsworth. 1990. *Dacryodes excelsa* Vahl. Tabonuco. Burseraceae. Bursera family. Pages 284-287 in R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America. Volume 2, Hardwoods. Agriculture Handbook No. 654. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
- 105 *Lugo, A.E., S Brown, and M.M. Brinson. 1990. Concepts in wetland ecology. Pages 53-85 in A.E. Lugo, M.M. Brinson, and S. Brown, editors. Ecosystems of the World 15: Forested Wetlands, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- 106 *Maldonado, E.D. 1961. Peladora de postes de cadena ajustada. [Translation of "A tight chain post peeler" by W.N. Darwin]. Apuntes Forestales Tropicales ITF-8. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, PR. 5 p.
- 107 *Maldonado, E.D. 1962. Solar radiation used to dry mahogany lumber in Puerto Rico. Tropical Forest Note ITF-14. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 5 p.
- 108 *Meskimen, G. and J.K. Francis. 1990. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Rose gum eucalyptus. Myrtaceae. Myrtle family. Pages 305-312 in R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods. Agriculture Handbook No. 654. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
- 109 *Mosquera, M. and J. Feheley, comp. 1984. Bibliography of forestry in Puerto Rico. General Technical Report SO-51. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 196 p.
- 110 *Nobles, R.W. and C.B. Briscoe. 1966. Height growth of mahogany seedlings. Research Note ITF-10. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 3 p.
- 111 *Parrotta, J.A. [n.d.]. *Albizia lebbek* (L.) Benth. Siris. Leguminosae (Mimosaceae). Legume family. SO-ITF-SM-7. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.
- 112 *Parrotta, J.A. [n.d.]. *Albizia procera* (Roxb.) Benth. White siris, tall albizia. Leguminosae (Mimosaceae). Legume family. SO-ITF-SM-6. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.
- 113 *Parrotta, J.A. 1989. *Dalbergia sissoo* Roxb. Sissoo, Indian rosewood. Leguminosae (Papilionoideae). Legume family. SO-ITF-SM-24. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.

- 114 *Parrotta, J.A. 1990. *Paraserianthes falcata* (L.) Nielsen. Batai, Moluccan sau. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-31. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.
- 115 *Parrotta, J.A. 1990. *Tamarindus indica* L. Tamarind. Leguminosae (Caesalpinioideae). Legume family. SO-ITF-SM-30. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.
- 116 *Parrotta, J.A. 1991. *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. Guamuchil, Madras thorn. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-40. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.
- 117 *Parrotta, J.A. and J.K. Francis. 1990. *Senna siamea* Irwin & Barnaby. Yellow cassia, minjri. Leguminosae (Caesalpinioideae). Legume family. SO-ITF-SM-33. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 7 p.
- Pérez, I.E., comp. 1988. Field guide to the trees of Bisley watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, and Center for Energy and Environment Research of the University of Puerto Rico, Río Piedras, PR. 89 p.
- 118 *Rodríguez, C. 1990. *Inga vera* (Willd.). Guaba. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-39. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.
- 119 *Scatena, F.N. 1989. An introduction to the physiography and history of the Bisley experimental watersheds in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. General Technical Report SO-72. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 22 p.
- 120 *Schubert, T.H. and J. Zambrana. 1978. Honduras or big-leaf mahogany. Urban Forestry Bulletin, Caribbean Area. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Area. 2 p.
- 121 *Schubert, T.H. and J. Zambrana. 1978. West Indies or small-leaf mahogany. Urban Forestry Bulletin, Caribbean Area. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Area. 2 p.
- 122 *Tosi, J.A., Jr. and L.L. Vélez-Rodríguez. 1983. Provisional ecological map of the Republic of Brazil. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Center for Energy and Environment Research of the University of Puerto Rico, and United States Department of Energy, Washington, DC. 16 p. + appendix, map. [commissioned and edited by ITF and co-published by ITF as part of a grant from DOE].

- 123 *Venator, C.R. 1972. Effect of gibberelic acid on germination of low-vigor Honduras pine seeds. *Forest Science* 18(4):331.
- 124 *Venator, C.R. 1976. A mutant *Pinus caribaea* var. *hondurensis* seedling incapable of developing normal secondary needles. *Turrialba* 26(1):98-99.
- 125 *Venator, C.R. 1976. Natural selection for drought resistance in *Pinus caribaea* Morelet. *Turrialba* 26(4):381-387.
- 126 *Venator, C.R. 1977. Formation of root storage organs and sprouts in *Pinus oocarpa* seedlings. *Turrialba* 27(1):41-45.
- 127 *Venator, C.R., C.D. Howes, and L. Telek. 1977. Chlorophyll and carotenoid contents of *Pinus caribaea* seedlings and inferences for adaptability. *Turrialba* 27(2):169-173.
- 128 *Venator, C.R., J.E. Muñoz, and N.F. Barros. 1977. Root immersion in water: a promising method for successful bare-root planting of Honduras pine. *Turrialba* 27(3):287-291.
- 129 *Venator, C.R. and A. Rodríguez. 1977. Using styroblock containers to grow *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. & Golf. nursery seedlings. *Turrialba* 27(4):393-396.
- 130 *Weaver, P.L. 1979. Tree growth in several tropical forests of Puerto Rico. Research Paper SO-152. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 15 p.
- 131 *Weaver, P.L. 1983. Tree growth and stand changes in the subtropical life zones of the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Research Paper SO-190. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 24 p.
- 132 *Weaver, P.L. 1988. *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. American muskwood. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-17. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 7 p.
- 133 *Weaver, P.L. 1989. *Andira inermis* (W. Wright) DC. Cabbage angelin. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-20. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 7 p.
- 134 *Weaver, P.L. 1989. Forest changes after hurricanes in Puerto Rico's Luquillo Mountains. *Interciencia* 14(4):181-192.
- 135 *Weaver, P.L. 1989. Rare trees in the colorado forest of Puerto Rico's Luquillo Mountains. *Natural Areas Journal* 9(3):169-173.
- 136 *Weaver, P.L. 1989. Taungya plantings in Puerto Rico: assessing the growth of mahogany and maría stands. *Journal of Forestry* 87(3):37-41.
- 137 *Weaver, P.L. 1990. Succession in the elfin woodland of the Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Biotrópica* 22(1):83-89.

- 138 *Weaver, P.L. 1990. Tree diameter growth rates in Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. *Caribbean Journal of Science* 26(1-2):1-6.
- 139 *Weaver, P.L. 1990. *Calophyllum calaba* L. María, Santa María. Guttiferae. Mangosteen family. Pages 172-178 in R.M. Burns and B.H. Honkala, eds. *Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods*. Agricultural Handbook No. 654. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
- 140 *Weaver, P.L. 1990. *Manilkara bidentata* (A. DC.) Chev. Ausubo, Balata. Sapotaceae. Sapodilla family. Pages 455-460 in R.M. Burns and B.H. Honkala, eds. *Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods*. Agricultural Handbook No. 654. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
- 141 *Weaver, P.L. 1990. *Tabebuia heterophylla* (DC.) Britton. Roble blanco, White-cedar. Bignoniaceae. Bignonia family. Pages 778-783 in R.M. Burns and B.H. Honkala, eds. *Silvics of North America, Volume 2: Hardwoods*. Agriculture Handbook No. 654. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
- 142 *Weaver, P.L. 1991. Environmental gradients affect forest composition in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Interciencia* 16(3):142-151.
- 143 *Weaver, P.L. and G.P. Bauer. 1986. Growth, survival, and shoot borer damage in mahogany plantings in Luquillo Forest in Puerto Rico. *Turrialba* 36(4):509-522.
- 144 *Weaver, P.L., R.A. Birdsey, and C.F. Nicholls. 1988. Los recursos forestales de San Vicente, Indias Occidentales. SO-Research Paper-244. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 27 p.
- 145 *Weaver, P.L. and J.K. Francis. [n.d.]. *Hibiscus elatus* Sw. Mahoe. Malvaceae. Mallow family. SO-ITF-SM-14. U.S. Department of Agriculture, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 7 p.
- 146 *Weaver, P.L. and J.K. Francis. 1988. Growth of teak, mahogany, and Spanish cedar on St. Croix, U.S. Virgin Islands. *Turrialba* 38(4):308-317.
- 147 *Whitmore, J.L. 1978. *Cedrela* provenance trial in Puerto Rico and St. Croix: establishment phase. Research Note ITF-16. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 11 p.
- 148 *Whitmore, J.L. and G. Hinojosa. 1977. Mahogany (*Swietenia*) hybrids. Research Paper ITF-23. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 8 p.
- 149 *Whitmore, J.L. and L.H. Liegel. 1980. Spacing trial of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Research Paper SO-162. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 9 p.
- 150 *Woodbury, R.O. and E.L. Little, Jr. 1976. Flora of Buck Island Reef National Monument (U.S. Virgin Islands). Research Paper ITF-19. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 27 p.

Versión en Español

INVESTIGACIONES ECOLÓGICAS

Ariel E. Lugo
Ecólogo

COMPARACIÓN DE PLANTACIONES DE ÁRBOLES TROPICALES CON BOSQUES SECUNDARIOS DE EDAD SIMILAR

La estructura y dinámica de pequeñas plantaciones de pino (*Pinus caribaea*; de 4 y 18.5 años en 1980) y caoba (*Swietenia macrophylla*; de 17 y 49 años en 1980) se compararon con las de rodales apareados de bosques secundarios de edad similar creciendo contiguos bajo condiciones edáficas y climatológicas similares (Lugo 1992a). El estudio se llevó a cabo en el Bosque Experimental de Luquillo entre 1980 y 1984. Las comparaciones incluyeron una variedad de características demográficas, de producción y ciclaje de nutrientes de rodales. Aunque las plantaciones pequeñas no manejadas tenían un número menor de especies en el sotobosque que los bosques secundarios apareados, el sotobosque de las plantaciones más antiguas desarrolló una importante riqueza de especies, incluyendo muchas especies indígenas de árboles. Después de 17 años, las especies indígenas invadieron el sotobosque de las plantaciones. Después de 50 años, la riqueza de especies en el sotobosque de una plantación de caoba se aproximó a la de su bosque secundario apareado. El sotobosque de las plantaciones tenía funciones ecológicas importantes, incluyendo una alta acumulación de nutrientes. El tejido de las plantas del sotobosque, en particular la hojarasca, tuvo una mayor concentración de nutrientes en las plantaciones de pino que en los bosques secundarios apareados. La biomasa del sotobosque en las plantaciones acumuló una proporción mayor del inventario total de nutrientes en el rodal que el sotobosque en los bosques secundarios apareados. Las plantaciones tuvieron una biomasa por encima del suelo y una producción de biomasa por encima del suelo neta mayor que los bosques secundarios apareados. En los bosques secundarios se encontró una mayor densidad de raíz y biomasa así como una mayor

profundidad de penetración de raíz, una mayor concentración de nutrientes en las raíces y más micrositios donde crecen las raíces, que en las plantaciones apareadas.

Estas características pueden mejorar la capacidad de los bosques secundarios vis a vis la de las plantaciones apareadas para recapturar con rapidez los nutrientes que se tornan disponibles por la mineralización y que de otra manera se perderían por vías hidrológicas o gaseosas. Ambos tipos de bosques acumularon nutrientes y masa, pero los bosques secundarios recircularon los nutrientes con una rapidez mucho mayor que las plantaciones, las cuales tendieron a almacenar los nutrientes (fig. 1). Las plantaciones evidenciaron una caída de hojarasca y total de hojarasca mayor, tuvieron una hojarasca con concentraciones de nutrientes menores, acumularon más nutrientes en la hojarasca, descompusieron más hojarasca en base anual, exhibieron mayor variación en la distribución espacial de la masa de hojarasca, y demostraron una variación de mes a mes mayor en el almacenaje de hojarasca que los bosques secundarios apareados. La hojarasca de los bosques secundarios, por otra parte, demostró un reciclaje de nutrientes más rápido que la hojarasca de las plantaciones, aunque las plantaciones retraslocalizaron más nutrientes antes de la caída de las hojas que los bosques secundarios. La retraslocalización de nutrientes aumentó con la edad de la plantación. Las plantaciones, en particular las plantaciones de pino, produjeron más masa de hojarasca por unidad de rendimiento de nutrientes que los bosques secundarios apareados. El total de nutrientes almacenado en el suelo dio la mejor correlación con la eficiencia en el uso de nutrientes estimada como elemento: proporción de masa en varios compartimientos. La eficiencia del uso de nutrientes fue diferente entre los diferentes pares de bosques, dependiendo de cuáles parámetros de nutrientes y ecosistemas

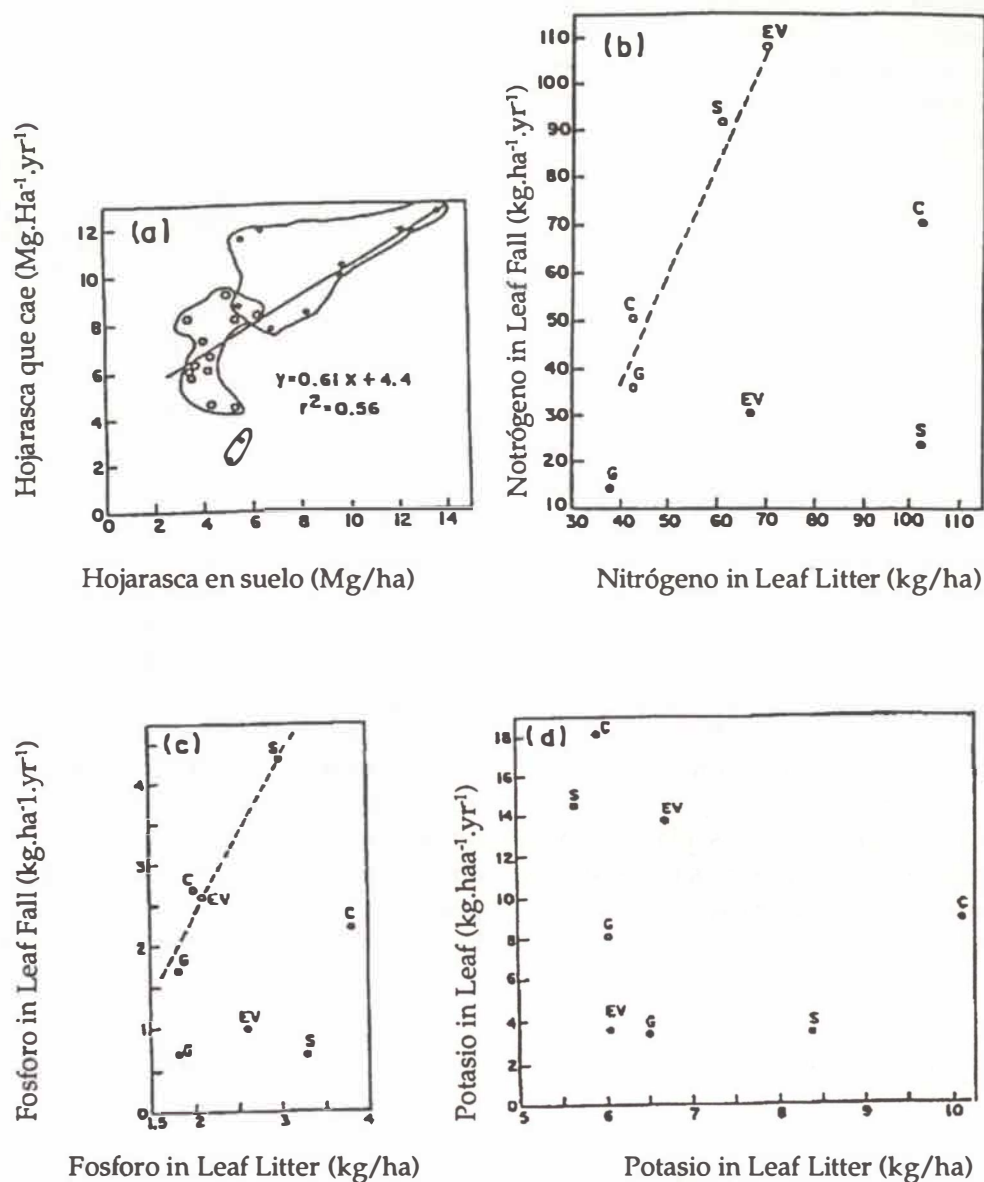


Figura 1. -Relación entre la masa de hojarasca en suelo (a) o contenido de nutrientes (b,c, y d) y caída de hoja (a) o retorno de nutrientes por la caída de hojas (b,c, y d). La data son de plantaciones (•) de *Pinus caribaea* (Guzmán [GP-4] y Cubuy [CP-18.5]) y *Swietenia macrophylla* (Sabana [SP-17] y el El Verde [VEP-49]) y pareados con bosques secundarios [GNF, CNF, SNF y EVNF, respectivamente] (O) en el Bosque Experimental de Luquillo. Guzmán es G, Ces Cubuy, Ses Sabana, y EV es El Verde. La inclinación con $r^2 > 0.5$ es mostrada, pero sólo las inclinaciones para P y la masa son significativas para $P < 0.05$. Las líneas entrecortadas son usadas para los rodales secundarios y las líneas sólidas para todos los rodales. La pendiente para cada una de éstas relaciones representa la tasa de retorno para la masa o los nutrientes.

se compararon. Debido a la alta retras-localización de nutrientes, y a pesar de una mayor "necesidad" de nutrientes para producir mayor biomasa, las demandas por nutrientes del suelo de las plantaciones resultaron similares a las de los bosques secundarios apareados. Entre los parámetros de ecosistemas medidos, los nutrientes en las hojas caídas se correlacionaron mejor con las diferencias en nutrientes de suelo entre rodales. La concentración de nutrientes en las especies del piso dominado pareció ser un buen indicador de la eficiencia de uso de nutrientes para el rodal en su totalidad. Algunas de las observaciones del estudio podrían atribuirse a diferencias intrínsecas entre plantaciones pequeñas no manejadas y bosques secundarios, pero muchas pueden deberse a diferencias en especies (p.e., tiempo en que caen las hojas), la edad de la plantación (p.e., la acumulación de biomasa o especies), o la importancia relativa de angiospermas y gimnospermas (p.e., calidad nutritiva de la hojarasca). El estudio impugna el dogma convencional tocante a las diferencias entre plantaciones y ecosistemas nativos secundarios y subraya los peligros de hacer generalizaciones sobre todas las plantaciones de árboles tropicales o sobre todos los bosques tropicales naturales, o aún de extrapolar de un sector del ecosistema a otro.

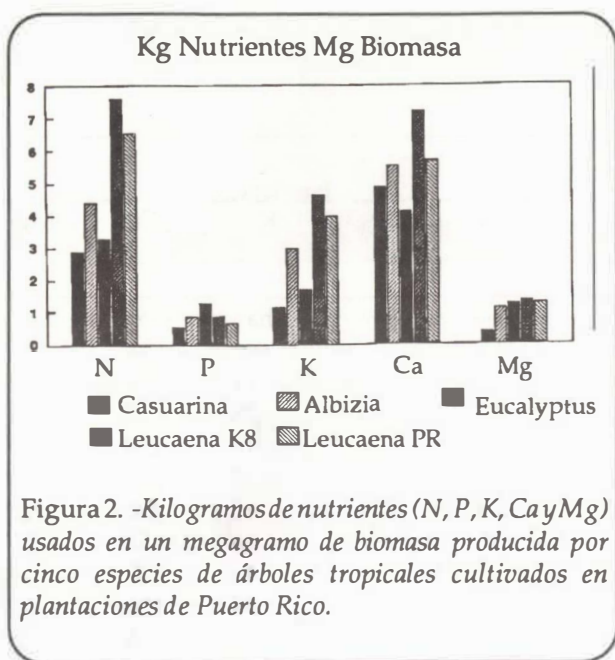
COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL USO DE NUTRIENTES Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN CINCO GRUPOS TAXONÓMICOS DE ÁRBOLES TROPICALES

Durante 5.5 años se cultivaron *Casuarina equisetifolia*, *Albizia procera*, *Eucalyptus robusta* y dos variedades de *Leucaena leucocephala* (K8 y P.R.) en una plantación experimental en el Valle de Lajas de Puerto Rico (18° N, 67° O) (Wang *et al.* 1991). Las tasas de acumulación de biomasa fueron altas, resultando en tasas de acumulación de nutrientes también altas en la biomasa cosechable (tabla 1). Una comparación entre especies y tipos de tejido por especie indicó que la eficiencia de uso de nutrientes para N, P, K, Ca y Mg varió mucho entre especies (hasta por 10 veces en diferencia) y tejidos (hasta por 15 veces) (fig. 2). *Casuarina*, con la mayor tasa de crecimiento, probó ser la más eficiente en el uso de nutrientes (N, P, K y Mg) para desarrollar biomasa. Con un cuarto de la tasa de crecimiento de *Casuarina*, *Leucaena* K8 fue la menos eficiente (N, K, Ca y Mg). En el caso de la mayoría de los nutrientes estudiados, la madera de tronco y las ramas grandes resultaron ser los tejidos más eficientes en función de nutrientes, seguidos por las ramas pequeñas, la corteza y las hojas. Los nutrientes almacenados en la capa de

Tabla 1. -Acumulación de nutrientes sobre el suelo (kg ha⁻¹) para el fuste^a vs. la cosecha del árbol completo después de 5.5 años.

Especies	N		P		K		Ca		Mg		Na	
	Bole	Whole	Bole	Whole	Bole	Whole	Bole	Whole	Bole	Whole	Bole	Whole
<i>Casuarina</i>	200	560	66	119	92	210	490	940	41	103	75	176
<i>equisetifolia</i>	(55)	(120)	(30)	(37)	(29)	(50)	(105)	(150)	(14)	(21)	(23)	(39)
<i>Albizia</i>	380	540	81	102	280	370	560	690	100	132	46	51
<i>procera</i>	(81)	(80)	(18)	(18)	(63)	(65)	(115)	(120)	(20)	(21)	(24)	(24)
<i>Eucalyptus</i>	134	200	61	78	62	105	150	270	36	81	26	49
<i>robusta</i>	(33)	(40)	(12)	(13)	(10)	(14)	(40)	(45)	(8)	(12)	(6)	(10)
<i>Leucaena</i>	280	370	31	39	160	220	255	330	43	60	7.5	8
<i>leucocephala</i> K8	(33)	(35)	(5)	(6)	(30)	(30)	(30)	(35)	(5)	(6)	(3.4)	(3)
<i>Leucaena</i>	148	210	18	23	88	127	100	190	23	39	1.2	3
<i>leucocephala</i> P.R.	(21)	(20)	(6)	(6)	(13)	(14)	(15)	(25)	(3)	(4)	(0.8)	(2)

^aFuste iguala al tallo más las ramas grandes, incluyendo la corteza (ver texto).
Las desviaciones estándares de la media en paréntesis.



hojarasca debajo de estas especies variaron hasta por tres veces entre especies. Mediante el uso de una variedad de escenarios de cosecha de

especies y biomasa, este estudio demostró el potencial de provocar alteraciones significativas en las altas tasas de remoción de nutrientes que se asocian con plantaciones intensamente manejadas de rotación corta.

Del estudio de la ecología de plantaciones de árboles y el análisis de la literatura, observé que las plantaciones permitieron el desarrollo de pisos dominados ricos en especies (tabla 2) y grandes acumulaciones de nutrientes en el compartimiento de hojarasca (tabla 3). Las plantaciones de árboles debidamente manejadas, por lo tanto, bien podrían usarse para rehabilitar terrenos forestales degradados (Lugo 1992b).

DENSIDAD DE MADERA DE LOS ÁRBOLES TROPICALES

Se presentó información sobre la densidad de madera para un amplio número de especies de árboles tropicales en unidades de peso seco

Tabla 2. -Densidad de tallos y especies de plantas del sotobosque en 14 plantaciones de árboles tropicales en el Bosque Experimental de Luquillo. Las áreas muestreadas fueron de 100 m², y todas las plantas con un diámetro >0.5 y <4 cm fueron medidas. Los resultados fueron representativos de la plantación, pero conservadores porque todas las plantaciones fueron limpiadas periódicamente (Lugo 1988, Lugo 1992). También plantaciones más viejas tienen especies de árboles adicionales (reclutamiento) con un dbh >4 cm.

Especies de plantación	Plantación	Densidad de tronco	Número de especies en sotobosque
	yr	No/0.1 ha	
<i>Anthocephalus chinensis</i>	26	2,450	20
<i>Eucalyptus patentinervis</i>	27	4,400	26
<i>E. saligna</i>	25	2,330	20
<i>Hernandia sonora</i>	27	8,270	28
<i>Hibiscus elatus</i>	27	2,900	30
<i>Khaya nyasica</i>	27	4,790	27
<i>Pinus caribaea</i>	9	2,510	17
	23	3,980	16
	27	2,400	24
<i>P. elliotii</i>	27	3,120	29
<i>Swietenia macrophylla</i>	22	6,270	26
	26	2,420	29
	54	10,680	31
<i>Terminalia ivorensis</i>	24	6,460	31

Tabla 3. -Acumulación de masa y nutrientes en compartimientos de hojarasca en plantaciones de árboles tropicales en Puerto Rico. Todos los lugares fueron usados por agricultores antes del establecimiento de la plantación.

Especie de plantación	Año	Masa	Nutrientes				
			N	P	K	Ca	Mg
	yr	Mg/ha	----- kg/ha -----				
<i>Albizia procera</i>	5.5	10.2	159	-	11	77	23
<i>Anthocephalus chinensis</i>	26.0	14.3	97	4.0	28	115	33
<i>Casuarina equisetifolia</i> *	5.5	16.2	256	-	18	150	29
<i>Eucalyptus patentinervis</i>	27.0	15.1	75	2.4	35	208	43
<i>Eucalyptus robusta</i> *	5.5	11.8	100	-	12	64	22
<i>Eucalyptus saligna</i>	25.0	14.2	91	3.3	26	156	27
<i>Hernandia sonora</i>	27.0	5.1	91	5.5	16	37	19
<i>Hibiscus elatus</i>	27.0	9.9	92	4.4	34	134	40
<i>Khaya nyasica</i>	27.0	14.7	126	3.7	23	104	25
<i>Leucaena leucocephala</i> *							
var. K-8 (exotic)	5.5	7.0	138	-	12	75	15
<i>Leucaena leucocephala</i> *							
var. P.R. (native)	5.5	6.5	133	-	11	45	13
<i>Pinus caribaea</i>	6.0	6.2	44	2.2	8	-	-
	20.0	15.2	123	4.7	12	-	-
	27.0	27.2	187	8.9	46	102	37
<i>Pinus elliotii</i>	27.0	23.8	166	7.8	45	118	39
<i>Swietenia macrophylla</i>	20.0	11.4	140	4.7	11	-	-
	26.0	12.0	140	4.1	34	201	35
	51.0	8.3	94	3.7	8	-	-
<i>Terminalia ivorensis</i>	24	6.2	55	2.1	15	84	17

*Estas plantaciones fueron regadas y fertilizadas.

†No medidas.

en gramos (secado en cámara) por centímetro cúbico de masa verde (densidad en verde; Reyes *et al.* 1992). La base de datos incluye 1,280 entradas de América tropical (40 por ciento), Asia tropical (36 por ciento) y África tropical (24 por ciento). Las densidades de madera más frecuentes fueron 0.5 a 0.8 g/cm³. En los tres continentes tropicales, la clase más frecuente fue de 0.5 a 0.6 g/cm³ (fig. 3). Estos datos resultan de utilidad para una amplia variedad de aplicaciones prácticas y científicas, incluyendo la estimación de la biomasa de rodales forestales a partir de información sobre el volumen de madera.

ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA PARA LOS BOSQUES TROPICALES HUMEDOS DE LA AMAZONIA BRASILEIRA

Una de las mayores incertidumbres en la estimación del efecto del desmonte de los bosques en la Amazonia Legal del Brasil a base de el dióxido de carbono atmosférico está constituida por el contenido de carbón o biomasa de los bosques. Utilizando datos de los inventarios a gran escala hechos en los años cincuenta y sesenta, obtuvimos estimados de biomasa por encima de la superficie del terreno entre 90 y 397 Mg/ha, con un promedio

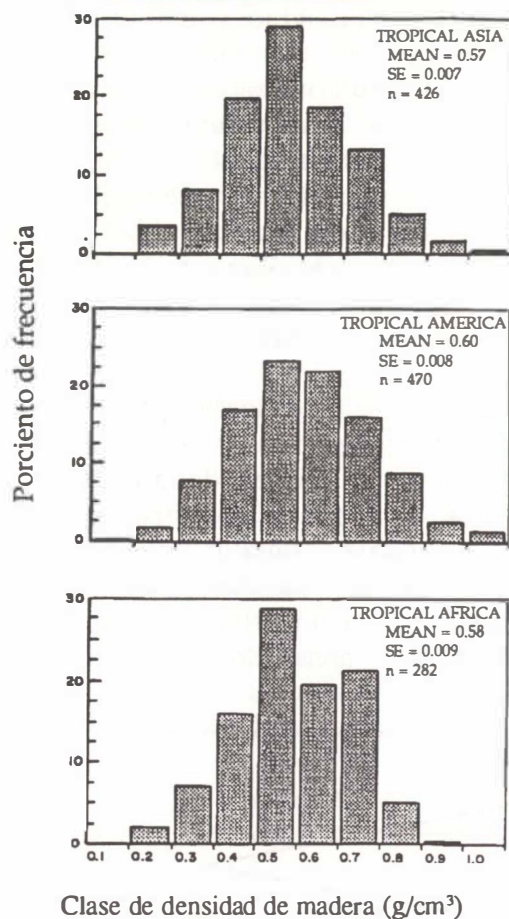


Figura 3. -Distribución de frecuencia de las especies tropicales por clase de densidad de madera para tres regiones tropicales comprendiendo partes de nueve países tropicales.

ponderado de 268 Mg/ha (Brown y Lugo 1992). Con datos de un inventario forestal en el Amazonas Legal, el cual se llevó a cabo 20 años mas tarde, encontramos que la biomasa varió entre 85 y 330 Mg/ha con un promedio ponderado de 162 Mg/ha. Estimaciones de la biomasa basadas en estudios en pequeña escala (métodos de estimación directos o indirectos) mostraron valores entre de 330 a 550 Mg/ha, bien fuera de los límites de los inventarios a gran escala (fig. 4). Sugerimos que los estudios a pequeña escala no son apropiados para la estimación de biomasa debido al problema de muestreo de grandes árboles. Las estimaciones basadas en inventarios a gran escala presentan

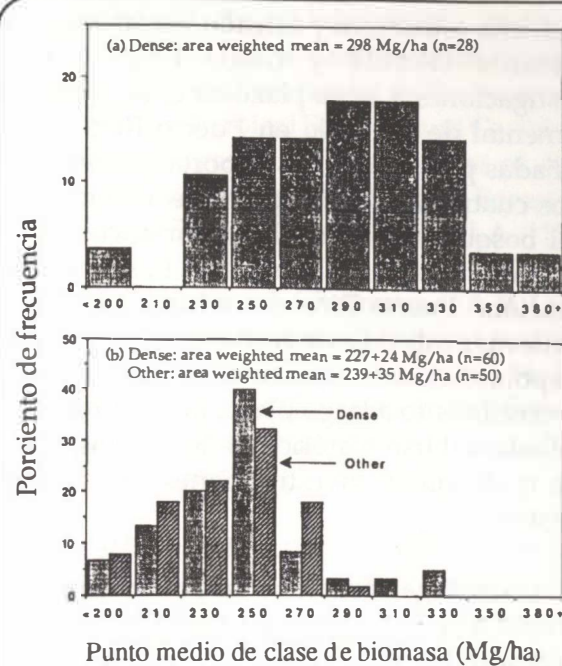


Figura 4. -Distribución de frecuencia de biomasa (clases de 20 Mg/ha) para inventarios forestales en los bosques Amazónicos de Brasil: (a) de las fuentes en Brown y Lugo (1992) y (b) del proyecto RADAMBRAZIL para bosques densos y otros bosques no densos. Nota que la escala vertical de (b) es el doble de (a).

un cuadro más realista de la biomasa de bosques amazónicos y sugerimos que las diferencias en biomasa entre los dos períodos de inventario se deben a la degradación de los bosques por los humanos en el período intermedio.

UNA PERSPECTIVA DE INVESTIGACIÓN SOBRE LA ALTERACIÓN Y RECUPERACIÓN DE UN BOSQUE TROPICAL MONTAÑOSO

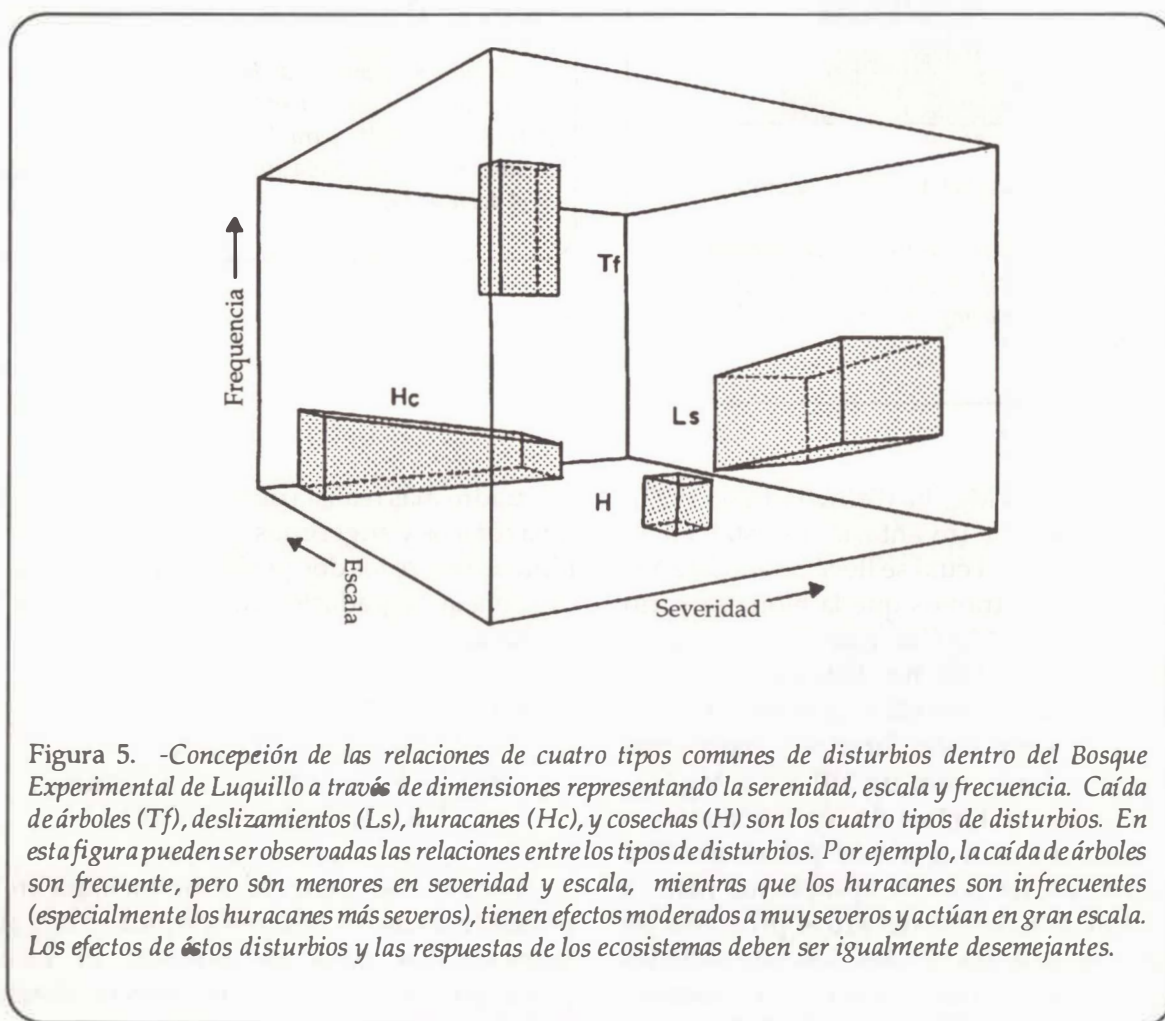
Los estudios en torno a alteraciones en los ecosistemas de los bosques tropicales han sido importantes para desarrollar el nuevo paradigma que visualiza que estos ecosistemas

tienen una estructura y función dinámica y no constante (Waide y Lugo 1992). Las investigaciones a largo plazo en el Bosque Experimental de Luquillo en Puerto Rico están diseñadas para evaluar la importancia relativa de los cuatro tipos principales de alteraciones en el bosque y analizar la importancia de la biota para restaurar el ecosistema luego de una alteración. Puerto Rico es un lugar excelente para llevar a cabo tales investigaciones debido a la disponibilidad de expedientes climatológicos y de crecimiento a largo plazo, la comprensión detallada del uso histórico de los suelos, y su larga tradición en investigaciones en torno al ecosistema.

La investigación viene impulsada por el concepto de que la respuesta de un ecosistema a una alteración es una función del tipo,

intensidad, periodicidad y magnitud de la alteración (fig. 5). La recuperación viene influenciada por una interacción compleja entre el suelo, la biota, la hidrósfera y la atmósfera, pero es nuestra hipótesis que la biota desempeña una función clave en términos de condicionar el regreso al nivel de productividad anterior después de que ocurre una alteración. Mientras más severa la alteración, más importante se torna la función de la biota.

Para guiar la investigación en torno a la alteración y regeneración a nivel de ecosistema se está usando un modelo de la dinámica de claros. Los resultados de este trabajo se ligan al nivel de organización del paisaje natural mediante modelos de simulación generalizados para cada celda de un sistema de información geográfica que abarca todo el bosque.



HUMEDALES TROPICALES

Este año publicamos los procedimientos de la quinta reunión de Dasónomos del Caribe que trató sobre el manejo de humedales en el Caribe (Lugo y Bayle 1992).

LITERATURA CITADA

- Brown, S. y A.E. Lugo. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17:201-203.
- Lugo, A.E. 1988. The future of the forest: ecosystem rehabilitation in the tropics. *Environment* 30(7):17-20, 41-45.
- Lugo, A.E. 1992. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age *Ecological Monographs* 62(1):1-41.
- Lugo, A.E. 1992a. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. *Ecological Monographs* 62:1-41
- Lugo, A.E. 1992b. Tree plantations for rehabilitating damaged forest lands in the tropics. Pp. 247-255 *en* M.K. Wali, ed. *Environmental rehabilitation*, vol. 2. SBP Academic Publishing by, The Hague, The Netherlands.
- Lugo, A.E. y B. Bayle, eds. 1992. Wetlands management in the Caribbean and the role of forestry and wetlands in the economy. Institute of Tropical Forestry and Caribbean National Forest, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 115 p.
- Reyes, G., S. Brown, J. Chapman, y A.E. Lugo. 1992. Wood densities of tropical tree species. General Technical Report SO-88. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. New Orleans, LA. 15p.
- Waide, R.B. y A.E. Lugo. 1992. A research perspective on the disturbance and recovery of a tropical montane forest. Páginas 173-190 *en* J. Goldammer, ed. *Tropical forests in transition. Ecology of natural and anthropogenic disturbance processes*. Berkhauser-Verlag, Switzerland.
- Wang, D., F.H. Borman, A.E. Lugo y R.D. Bowden. 1991. Comparison of nutrient-use efficiency and biomass production in five tropical tree taxa. *Ecology and Management* 46:1-21.

INVESTIGACIONES DE AVES A LARGO PLAZO

Wayne J. Arendt
Biólogo de Vida Silvestre

ECOLOGÍA E HISTORIA DE VIDA DEL ZORZAL PARDO

Durante el año pasado, se ha progresado escribiendo la monografía del zorzal pardo. De los seis capítulos propuestos, se han completado y se están revisando los borradores de los primeros cuatro. Se han completado el análisis de datos y la escritura de las primeras dos secciones (tres secciones en planes) del capítulo cinco, al igual que el desarrollo de la sección tres del mismo. Se espera completar el borrador de los primeros seis capítulos para fines de mayo de 1993.

VEINTE AÑOS DE ESTUDIO DE LAS AVES EN EL BOSQUE DE GUÁNICA

Con la completación de nuestro esfuerzo de anillaje en enero de 1993, hemos concluido con una colección de datos de anillaje de aves residentes y migratorias en el Bosque Estatal de Guánica que totalizan 20 años. Dicha información obtenida durante las pasadas dos décadas nos ha permitido observar tendencias poblacionales, las cuales a menudo pueden estar relacionadas con factores climáticos, tal como sequías prolongadas (Faaborg y Arendt 1990, 1992a). Estos datos de anillaje a largo plazo también nos han permitido identificar aquellas especies de aves migratorias de América del Norte que pueden estar en problemas y que necesitan estudios futuros (Faaborg y Arendt 1992b).

PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE AVES TERRESTRES MIGRATORIAS A ESCALA INTERNACIONAL

Se requirió del conocimiento y del peritaje de biólogos y profesores universitarios de diversos lugares para hacer un resumen del estado de las aves terrestres migratorias de

América del Norte. Presentamos un resumen de las especies involucradas, su habitat y distribución geográfica, y los factores tanto positivos como negativos que afectan a las poblaciones de aves migratorias en la mayoría de las islas principales del Caribe. La información extraída de este consorcio de expertos locales y regionales fue presentada en un simposio internacional patrocinado por el observatorio de aves Mamomet (Arendt 1992).

INVESTIGACIONES SOBRE LA COTORRA PUERTORRIQUEÑA

La tasa de mortalidad de la Cotorra Puertorriqueña, al igual que en la mayoría de las aves, es más alta durante el primer año, pero especialmente dentro de los primeros meses subsiguientes al vuelo de los pichones. El conocimiento que se tiene sobre la dispersión y la supervivencia de cotorras juveniles durante este período crucial es escaso, debido a la libertad de movimiento de las cotorras a través del bosque y al terreno accidentado de las montañas de Luquillo. El uso de las técnicas de radiotelemetría para hacer censos nos han permitido hacer un mejor monitoreo de los juveniles que abandonan el nido, de sus familias y de otros miembros de la bandada durante los primeros dos a cuatro meses luego de dejar el nido. Sin embargo, es aparente que el éxito obtenido del monitoreo por radiotelemetría desde el comienzo estuvo adversamente afectado por algunos factores climáticos, ambientales y de intervención humana. Así que, con el propósito de mejorar nuestros resultados y los de otros biólogos que estudian otras cotorras en islas tales como Dominica y Santa Lucía, probamos y evaluamos la utilidad de un sistema de radiotelemetría portátil e identificamos sus puntos fuertes y débiles, y especialmente los factores ambientales que afectan su funcionamiento (Lindsey y Arendt

1991). Los resultados de nuestro estudio pueden mejorar en un futuro próximo los procedimientos de radiotelemetría diseñados para usarse en el monitoreo de juveniles cautivos a liberarse en un futuro próximo.

LITERATURA CITADA

- Arendt, W.J. (y 24 colaboradores). 1992. Status of North American migrant landbirds in the Caribbean: A summary. Pp. 143-171 *en* J.M. Hagan III and D.W. Johnson, eds. Ecology and conservation of neotropical migrant landbirds. Smithsonian Institution Press. Washington, DC.
- Faaborg, J. y W.J. Arendt. 1990. Long-term studies of Guánica Forest birds. *Acta Científica* 4(1-3):69-80.

Faaborg, J. y W.J. Arendt. 1992a. Rainfall correlates of bird population fluctuations in a Puerto Rican dry forest: a 15-year study. *Ornitología Caribeña* 3:10-19.

Faaborg, J. y W.J. Arendt. 1992b. Long-term declines of winter resident warblers in a Puerto Rican dry forest: Which species are in trouble? Pp. 57-63 *en* J.M. Hagan III and D.W. Johnson, eds. Ecology and conservation of neotropical migrant landbirds. Smithsonian Institution Press. Washington, DC.

Lindsey, G.D. y W.J. Arendt. 1991. Radio Tracking Puerto Rican Parrots: Assessing triangulation accuracy in an insular rain forest. *Caribbean Journal of Science* 27:46-53.

ENTOMOLOGÍA FORESTAL

Juan A. Torres
Ecólogo

Durante el año pasado conduje investigaciones sobre la descomposición de *Cyrilla racemiflora*, la ecología de los comejenes y himenópteros de la isla de Mona.

Descomposición de la Madera de *Cyrilla racemiflora*

Examiné los cambios que ocurren durante la descomposición de *C. racemiflora* en los árboles caídos y en los muertos de pie. *C. racemiflora* es un árbol único en el sentido que todas las etapas de descomposición pueden ser detectadas en la Sierra de Luquillo. Esto se debe al color rojo de la madera y a su dureza. Varias especies de plantas extraen nutrientes de la corteza y las partes muertas de *C. racemiflora* (inclusive otros árboles de *C. racemiflora*). Entre las plantas que envían raíces hacia *C. racemiflora* están *Clusia krugiana* y *Macgravia sientinisii*.

Los árboles caídos y los de pie fueron clasificados en cuatro etapas de descomposición. La clasificación fue modificada de Fogel *et al.* (1972). La presencia de diferentes tipos de vegetación (basándose en formas de vida presente) en los troncos caídos o en pie pudo ser utilizada para separar diferentes etapas del proceso de descomposición de *C. racemiflora*. Esto es contrario a los hallazgos en árboles de la zona templada de Norte América (Maser *et al.* 1988). La presencia o ausencia de raíces invasoras tampoco pudo utilizarse para clasificar los árboles en distintas etapas en el proceso de descomposición. Las raíces y vegetación están presentes en todas las etapas de descomposición y también en los árboles vivos.

La densidad bruta de los árboles muertos tiende a permanecer constante, excepto en la última etapa de descomposición. Esto se debe a que solamente las partes más duras del árbol permanecen en su lugar a través del tiempo.

Esta tendencia es más acentuada en los árboles que permanecen de pie.

El promedio de especies de invertebrados aumenta según procede el proceso de descomposición. Esto es contrario a los hallazgos reportados en *Pinus virginiana*, donde se observó una disminución a través del tiempo (Howden y Vogt 1951). La presencia de muchas especies de cerambícidos y descortezadores de la madera en la zona templada de los Estados Unidos es responsable por la mayor diversidad de especies en las etapas tempranas de la descomposición. Contrario a la zona templada de los Estados Unidos, solamente tres especies de cerambícidos y tres de descortezadores de la madera fueron encontrados en *C. racemiflora*. Un total de 138 especies de invertebrados (excluyendo los ácaros) fueron encontradas en todas las etapas de descomposición. Este número de especies es bajo si lo comparamos con las 300 especies aproximadas encontradas en Douglas fir (Deyrup 1981). Estudios preliminares en otras especies de árboles en la Sierra de Luquillo indican que el número de especies es mayor en las elevaciones más bajas del bosque. La varianza en la diversidad de invertebrados es explicada más por la etapa del proceso de descomposición que por el volumen o la densidad de la madera.

La densidad de invertebrados difiere entre los árboles caídos y los de pie. Las órdenes de insectos Collembola y Diplura, la clase Diplopoda, y miembros de la clase Oligochaeta son más comunes en los árboles caídos. Estos grupos taxonómicos no tienen la habilidad de romper la madera dura. Estos invaden principalmente las últimas etapas del proceso de descomposición. Estos organismos ayudan en el proceso de descomposición al traer hongos y bacterias características de la fauna del suelo. Los miembros del orden de insectos Homoptera y de la clase Symphyla son más abundantes en los árboles muertos de pie.

Las termitas y las hormigas fueron los invertebrados más comunes. Esto es contrario a árboles de la zona templada de los Estados Unidos donde los insectos del orden Coleoptera son los más comunes. Las hormigas fueron más comunes en los árboles de pie y juegan un papel en los procesos de descomposición haciendo cavidades y trayendo nutrientes del exterior al interior de los troncos. Las hormigas carpinteras (*Camponotus* spp.) y abejas (*Xylocopa*) fueron raras en *C. racemiflora*. Esto puede deberse a la alta densidad y humedad de la madera.

Cerambícidos, tenebriónidos, termitas y curculiónidos (todos miembros de la clase insecta) parecen ser los más importantes invertebrados en las etapas tempranas de la descomposición. Esto está correlacionado con su habilidad para masticar en madera de alta densidad. Los depredadores (Arachnida y Hemiptera) fueron más comunes en las últimas etapas de la descomposición. Estos grupos no tienen la habilidad de romper la madera y tienen que esperar a que otros invertebrados efectúen la tarea. Los dípteros (clase insecta) también fueron raros en las primeras etapas del proceso de descomposición. Ninguno de los dos grupos poseen las mandíbulas necesarias para romper la madera. Dependen de la actividad de otros invertebrados para entrar en la madera. Los dípteros y coleópteros actúan como exportadores de nutrientes de la madera. Estos insectos permanecen en los troncos sólo en las etapas de larva y pupa y se van de los troncos cuando alcanzan la etapa de adultos.

La distribución de nitrógeno, carbono, magnesio, potasio y fósforo fue determinada en secciones transversales de los troncos. Las concentraciones mayores se encontraron en la corteza y la albura (en las etapas tempranas de la descomposición) y en las últimas etapas. Los invertebrados no prefieren la corteza y la albura ricos en estos nutrientes. Probablemente estas secciones contienen compuestos tóxicos que afectan la sobrevivencia de los invertebrados. La distribución de fósforo y nitrógeno tuvo una correlación alta. La presencia de excreta de cerambícidos aumentó la concentración de estos elementos. El calcio y magnesio también

aparecieron altamente correlacionados. La concentración de carbono tiende a permanecer constante. Existe una pequeña disminución en la concentración de carbono en la última etapa del proceso de descomposición. Esto es contrario a los hallazgos en coníferos de la zona templada donde se ha observado un aumento (Maser *et al.* 1988). El nitrógeno fue el elemento más importante en la determinación de la proporción C:N.

Ecología de las Termitas

En colaboración con Susan Jones, se estudiaron las termitas en el bosque seco de Guánica. Estamos tratando de determinar la importancia de las termitas en los procesos de movimiento y fertilidad del suelo. Hemos encontrado que *Nasutitermes costalis*, *N. nigriceps*, *Parvitermes* sp. y *Heterotermes* sp. están envueltas en los procesos de movimiento de suelos.

Los Himenópteros de la Isla de Mona

En colaboración con Roy Snelling, los himenópteros del grupo Aculeata fueron investigados en la Isla de Mona. Información sobre la historia natural y claves taxonómicas serán publicadas pronto.

LITERATURA CITADA

- Deyrup, M. 1981. Deadwood decomposers. *Natural History* 90:84-91.
- Fogel, R., M. Ogawa y J.M. Trappe. 1972. Terrestrial decomposition; a synopsis. *Coniferous Forest Biome Interim Report 135*. University of Washington, Seattle.
- Howden, H.F. y G.B. Vogt. 1951. Insect communities of standing dead pine (*Pinus virginiana*). *Annals Entomological Society of America* 44:581-595.
- Maser, C.R., F. Tarrant, J.M. Trappe y J.F. Franklin. 1988. From the forest to the sea: A story of fallen trees. U.S. Department of Agriculture Forest Service, Pacific Northwest General Technical Report 229. Oregon.

INVESTIGACIONES EN TERMITAS

Susan Jones y Juan A. Torres
Entomólogo y Ecólogo

En el año 1992 comenzamos investigaciones sobre el rol de las termitas en los ecosistemas tropicales.

ESTUDIOS TAXONÓMICOS

Se han reportado 16 especies de termitas en tres familias en Puerto Rico, pero estos reportes son principalmente de los años 50 o previos a esta fecha. Una búsqueda sistemática de las termitas de Puerto Rico ha sido emprendida. Esta es la primera fase de la investigación con miras a entender la fauna de las termitas y su rol en los ecosistemas. Estamos estudiando las diferencias en la composición de especies en las siguientes zonas de vida subtropicales: bosque seco, bosque húmedo, bosque mojado, bosque lluvioso, bosque húmedo montano bajo y bosque lluvioso montano bajo. El Departamento de Recursos Naturales ha provisto de ayuda para conducir esta investigación. Siempre que es posible los datos obtenidos son relacionados con los árboles en que se encuentran las termitas. Para cada colección que se realiza, muestras de los soldados, obreras y alados, si están presentes, son obtenidas. La identificación de las termitas se basa en mediciones de importancia taxonómica, la utilización de las claves taxonómicas existentes y la utilización de las colecciones del Instituto Smithsonian y otros museos. La investigación en taxonomía se realiza en coordinación con la Dra. Margaret Collins del Instituto Smithsonian y el Dr. Rudolf Sheffrahn de la Universidad de Florida. Además, el análisis de los hidrocarburos cuticulares se

realiza para cada una de las castas de cada especie. Esta última investigación se realiza en coordinación con el Dr. Michael Haverty de la Estación Investigativa del Suroeste del Pacífico.

Una investigación preliminar de las termitas de la Isla de Mona mostró la presencia de tres especies de la familia Kalotermitidae: *Incisitermes* cn *snyderi*, *Neotermes mona*, y *Procryptotermes corniceps*. Estas colecciones confirman reportes anteriores para la Isla de Mona.

ESTUDIOS ECOLÓGICOS

En el Bosque Seco de Guánica hemos comenzado investigaciones sobre el movimiento y enriquecimiento del suelo por las termitas. En dos parcelas de 1,250 m² el suelo modificado por las termitas es obtenido cuando las termitas se alimentan de rollos de cartón dentro de tubos de PVC con tapa. Colecciones de suelo en 66 tubos se realizan a intervalos de 4 meses por un período de un año. La densidad bruta y los nutrientes en muestras de suelo adyacente son analizadas y comparadas con el suelo modificado por las termitas. Las especies de termitas que aparentan ser los principales contribuidores al movimiento de suelo incluyen *Heterotermes* spp. y *Parvitermis wolcottii*, con *Nasutitermes costalis* y *N. nigriceps* contribuyendo un poco. Información complementaria sobre territorios de forajeo, tamaño de la colonia y los factores que afectan la localización del forajeo es obtenida para cada especie.

GUÍA DE CAMPO FOTOGRÁFICA DE LOS ÁRBOLES DEL BOSQUE NACIONAL DE TAPAJÓS, BRASIL

John A. Parrotta y John F. Francis
Dasónomo e Investigador Forestal

El Bosque Nacional de Tapajós, localizado en la región occidental del Estado de Pará de la Amazonia Brasileña, contiene varios, distintos tipos de bosques húmedos y pluviales dentro sus límites. Como otros bosques de esta región, las 600,000-ha del Bosque Nacional de Tapajós tienen una flora rica, incluyendo más de 400 especies de árboles que crecen a tamaños comerciales y muchas especies que producen frutas comestibles y productos medicinales. Para engrandecer el potencial de manejo para usos múltiples de la biodiversidad del bosque, son necesarias las guías de campo para ayudar a dasónomos, ecólogos, técnicos de campo y estudiantes en la identificación confiable de especies de árboles. Al presente, muchas de las especies en el Bosque de Tapajós no están completamente descritas, las floras que existen son incompletas y sólo pocas personas asociadas con el Bosque de Tapajós tienen el entrenamiento adecuados para la identificación en el campo.

Durante el último año, en colaboración con el Supervisor de Bosque Nacional de Tapajós, empezamos el trabajo para producir una guía de campo fotográfica de los árboles del Bosque. Cuando esté lista, esta obra incluirá fotografías de alta calidad mostrando elementos claves para el diagnóstico (hojas, flores, frutos, plántulas, el tronco de un árbol joven, la base de un árbol adulto y la copa de un árbol adulto) de cada una de 150 a 200 de las especies más comunes y/o valiosas comercialmente que crecen en bosques primarios y secundarios de tierra firme dentro del Bosque Nacional y sus alrededores.

Hoy, este tipo de guía de campo no existe para la región Amazónica de Brasil. Se anticipa que esta obra será útil para dasónomos forestales, científicos y estudiantes, dentro de Brasil y en instituciones de investigación, jardines botánicos y universidades mundiales.

LA INTERACCIÓN ENTRE EL CLIMA Y LA DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES DE ÁRBOLES EN EL BOSQUE EXPERIMENTAL DE LUQUILLO

Whendee Silver
Ecóloga

Modelos cambios climáticos globales predicen que la cantidad y distribución de lluvia en los trópicos y subtrópicos serán mas variables si las temperaturas aumentan (Emanuel *et al.* 1985). En los trópicos y subtrópicos, eso resultaría en sequías más frecuentes o severas, y también en una mayor frecuencia de huracanes. El objetivo de este estudio es determinar la conexión entre la cantidad y distribución de lluvia y la estructura y función del ecosistema en el Bosque Experimental de Luquillo (BEL) en Puerto Rico.

El ciclo hidrológico tiene un gran efecto sobre la estructura y función de bosques húmedos tropicales. El flujo de agua en el ecosistema ayuda a regular la disponibilidad de nutrientes y su captura por las plantas, y crea un ambiente húmedo para las hojas y raíces. La cantidad y distribución del agua afecta la función del ecosistema; demasiada agua en el suelo con poco o ningún movimiento puede crear condiciones anóxicas que pueden inhibir el metabolismo de las raíces y reducir el crecimiento. Si hay poca agua en el suelo, la cantidad de nutrientes capturados por la planta estaría reducida; si la sequía es larga, las raíces pueden morir y, eventualmente, la porción aérea de la planta puede deshidratarse. Se puede usar el porcentaje de oxígeno en el suelo como un índice de las condiciones de humedad en la zona de las raíces en el BEL. El porcentaje de oxígeno en el suelo cambia en relación a la lluvia y características físicas del suelo (aspectos abióticos) y en relación a aspectos bióticos que incluyen la actividad de los micro-organismos y el metabolismo de las raíces, integrando, por lo tanto, ambos aspectos (Faulkner y Patrick 1992). Ya que estos procesos no son instantáneos, se puede utilizar el porcentaje de oxígeno del suelo como indicador de los cambios en condiciones

ambientales asociadas con cambios en el uso de la tierra o cambios en el clima, especialmente los que ocurren con la variabilidad de la lluvia.

Para probar esas ideas en el BEL, parcelas permanentes fueron establecidas sobre un gradiente altitudinal en zonas que son representativas de tres de las cuatro zonas distintas de vegetación (tabonuco, colorado, y bosque de nubes). En cada parcela se instalaron cámaras a dos profundidades para cuantificar el contenido de oxígeno del suelo en función de la interacción de la lluvia con los aspectos abióticos. La cantidad de lluvia también se mide en cada sitio y se notan adaptaciones a altas y bajas condiciones de humedad de las plantas que nos ayudarán a estimar y relacionar la respuesta del ambiente biótico a la variabilidad ambiental.

Resultados preliminares muestran que el contenido de oxígeno en el suelo cambia dramáticamente a lo largo del gradiente de altitud. El oxígeno en el suelo en el bosque tabonuco está generalmente en el rango del 1 por ciento del aire normal (21 por ciento) en ambas profundidades del suelo. La cantidad de oxígeno del suelo en el bosque de nubes fue muy bajo; algunas cámaras regularmente registraron 0 por ciento de oxígeno. El contenido de oxígeno en el bosque colorado se encontró entre los otros dos tipos de bosque e incrementó gradualmente con el tiempo a ambas profundidades. Varios períodos secos cortos (1 hasta 4 días) fueron observados durante la segunda mitad de período de muestreo; esto se refleja más dramáticamente en la zona de bosque colorado. Estamos continuando con el estudio del oxígeno en el suelo a lo largo del gradiente de altitud. Además, hemos añadido gradientes de menos escala dentro de la zona del bosque

tabonuco para examinar la variabilidad en la interface suelo/planta desde la parte superior de la pendiente hasta los valles ribereños.

LITERATURA CITADA

Emanuel, W.R., H.H. Shugart y M.P. Stevenson.
1985. Climate change and broad-scale dis-

tribution of terrestrial ecosystem complexes.
Climate Change 7:29-43.

Faulkner, S.P. y W.H. Patrick, Jr. 1992. Redox processes and diagnostic wetland soil indicators in bottomland hardwood forests. Soil Science Society of America Journal 56:856-865.

ESTUDIOS DE CAMBIOS GLOBALES

Michael Keller
Investigador de Ciencias Físicas

Cambios del uso de la tierra e intercambios de gases atmosféricos en la región tropical húmeda: un estudio en la Zona Atlántica de Costa Rica

La deforestación en la región tropical húmeda es frecuentemente seguida por explotación de los terrenos deforestados para cultivos o pastizales. Estos sistemas de manejo causan cambios profundos en las propiedades químicas y físicas de los suelos. Como parte de nuestros estudios en la Zona Atlántica de Costa Rica, hemos enfatizado el intercambio entre los suelos y la atmósfera de ciertos gases — óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), y metano (CH_4). N_2O y CH_4 juegan un papel en el efecto invernadero. NO es un precursor de las reacciones atmosféricas que producen ozono (O_3), en la tropósfera. Durante los últimos 3 años, hemos realizado levantamientos de los intercambios suelo-atmósfera de N_2O , NO y CH_4 en sitios bajo distintos sistemas de manejo. Los sitios investigados incluyeron bosques, ambos maduros y jóvenes, potreros manejados y pastizales abandonados. Entre los sitios de potreros, estudiamos una serie de potreros con historias distintas. De estos potreros, todos fueron sembrados después de las talas de bosques maduros. Los tiempos desde las talas se extienden desde 2 hasta 25 años. Actualmente empezamos investigaciones de sitios de cultivo intensivo que van de fincas de subsistencia hasta plantaciones industriales de especies perennes.

La explotación de terrenos deforestados como potreros causa una inversión en la dirección del intercambio de CH_4 entre los suelos y la atmósfera. Suelos del bosque consumen $446 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ mientras suelos de potreros producen $236 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ a}^{-1}$. Después de la deforestación la densidad aparente de los suelos aumenta rápidamente desde 0.65 hasta 0.80

(g/cm^3). Este aumento resulta de la presión de las patas del ganado, un efecto que causa problemas de drenaje y una restricción de la difusión de gases. Ambos factores limitan el consumo aeróbico de CH_4 y provocan la producción anaeróbica de CH_4 .

Anualmente, los suelos del bosque en nuestro estudio emiten aproximadamente $5\text{--}10 \text{ ng N cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ de N_2O . Las emisiones de N_2O por los potreros jóvenes (2 hasta 10 años) exceden las emisiones de bosque por un factor de 5 a 8 mientras las emisiones de potreros antiguos (>12 años) son significativamente menores ($1/2$ a $1/3$). Nuestros resultados coinciden con los resultados de una investigación hecha cerca de Manaus, Brasil en suelos oxisoles donde los investigadores encontraron que el suelo de un potrero joven de 3 años emitió 3 veces más N_2O que el suelo de un bosque adyacente.

La emisión de NO por los suelos sigue un patrón similar al N_2O . Emisiones de potreros jóvenes exceden emisiones de potreros antiguos, pero en contraste al N_2O , no apareció ninguna diferencia significativa entre las emisiones de los potreros jóvenes (<12 años) y las emisiones del bosque. El promedio anual de las emisiones de NO de los suelos del bosque excede los promedios de los potreros antiguos (>12 años). Aunque la emisión de NO de los suelos del bosque fuese parecida a la emisión de los suelos de los potreros jóvenes, probablemente los potreros emitirían más NO a la atmósfera porque ocurren reacciones que consumen NO en la copa foliar densa del bosque.

Los procesos microbiales de nitrificación y desnitrificación producen N_2O y NO en los suelos. Por lo tanto, la rapidez del ciclo de nitrógeno controla las emisiones de dichos gases. Observamos una correlación significativa entre los promedios por cada sitio de las emisiones de

N_2O y NO ($r^2 = 0.73$, $p < 0.0001$). En los suelos de los potreros jóvenes, la descomposición rápida del material orgánico derivado del bosque proporciona nutrientes a los microorganismos nitrificadores y desnitrificadores. Esto contrasta con la mineralización de nitrógeno en proteron antiguos, que es mínima.

El abono de cultivos con fertilizantes nitrogenados cambia drásticamente las emisiones de óxidos de nitrógeno. Pocos días después de abono con nitrato de amonio (33 kg-N ha^{-1}), observamos emisiones mayores de $250 \text{ ng N cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Seguimos midiendo emisiones grandes durante un período que se extiende hasta 4 semanas después de la fertilización. Observamos una respuesta menor (magnitud y duración) para NO . Estos resultados preliminares indican que el rendimiento de N_2O de

fertilizantes nitrogenados de suelos arcillosos en la zona tropical húmeda podría ser mucho mayor que emisiones bajo las condiciones comunes en las zonas templadas.

De nuestros resultados aprendemos que ambos, el manejo actual y la historia de manejo de un terreno afectan el intercambio de gases atmosféricos. Creemos que la historia de manejo de ecosistemas afecta críticamente y por largo plazo su estructura y funcionamiento. Exhortamos a nuestros colegas considerar la historia de sus áreas de estudio.

El caso específico de nuestra región sugiere que el presupuesto global de N_2O y otros gases podría ser drásticamente alterado si la rapidez de la deforestación tropical fuera controlada.

DIVERSIDAD Y ECOLOGÍA DE LOS OLIGOQUETOS TERRESTRES EN BISLEY WATERSHEDS Y EL VERDE, BOSQUE EXPERIMENTAL DE LUQUILLO

Sonia Borges
Zoóloga

La ecología de los oligoquetos terrestres ha sido estudiada ampliamente en zonas templadas, pero el conocimiento de la ecología de especies tropicales es escaso. La mayoría de los trabajos ecológicos han sido hechos en sabanas, prados o áreas agrarias del Paleotrópico. En el Neotrópico, los estudios se han limitados a aquellos llevados a cabo en bosques húmedos tropicales en Venezuela (Nemeth y Herrera 1982) y en bosques lluviosos tropicales en México (Fragoso 1989, Fragoso y Lavelle 1987).

Hasta hace unos años, los estudios sobre los oligoquetos de Puerto Rico han sido insignificantes. De hecho, hasta hace poco la mayoría de las especies mencionadas para la isla eran consideradas peregrinas o exóticas, mientras sólo tres eran consideradas endémicas. Descubrimientos recientes han aumentado los conocimientos sobre las especies de lombrices de Puerto Rico. Sin embargo, estas investigaciones se han limitado sólo a taxonomía alfa, el primer paso lógico en estudios faunísticos. Esfuerzos para aumentar la información sobre la ecología de estos organismos en la isla ya han comenzado con los estudios de las lombrices de la Reserva de la Laguna Cartagena y en los suelos Nipe del Bosque Estatal de Maricao. No se ha hecho estudio ecológico alguno de este grupo de animales en Bosque Experimental de Luquillo, uno de los bosques lluviosos más estudiado en el mundo. Esta falta de información es insostenible, considerando que en un apéndice de una página Moore y Lawrence (en Odum 1970), exponen que "a base del peso, las lombrices son la fracción de animales más importantes" en El Verde (Bosque Experimental de Luquillo).

Lyford (1969) estudió la ecología del bosque enano del Pico del Oeste en el Bosque Experimental de Luquillo y encontró que las lombrices

eran comunes en esta área. Expuso que la acción de lombrices en devolver tierra a la superficie del suelo es notable y que éstas consumen las hojas que caen en el suelo. Lyford encontró dos lombrices diferentes, pero nunca fueron identificadas. Gates (1962, 1970) describió un género y unas especies endémicas de Puerto Rico utilizando unos ejemplares colectados en el Bosque Experimental de Luquillo en el 1940. Breves muestreos del área han resultado en la descripción de siete nuevas especies de oligoquetos (Borges y Moreno 1989, 1989b, 1991; James 1991). Obviamente, no sólo es escasa la información sobre la ecología de estos organismos en el Bosque Experimental de Luquillo, sino que también la investigación faunística aún está por completarse.

En agosto de 1991, comenzó un proyecto de dos años con planes de estudiar la diversidad y ecología de los oligoquetos terrestres en Bisley Watersheds y en El Verde, ambos parte del Bosque Experimental de Luquillo. El Bisley Watersheds está localizado en la región noreste de la montaña de Luquillo. El Verde, en la pendiente noroeste del Bosque Experimental de Luquillo, fue el sitio utilizado por H. Odum para el "Rain Forest Project of Puerto Rico Nuclear Center." Aunque ambas localidades han sido estudiadas intensamente, no hay información disponible sobre la diversidad y ecología de lombrices.

Los métodos a utilizarse en este proyecto están basados en aquellos empleados por varios ecolólogos de lombrices (Lee 1985). Seis muestreos mensuales han sido realizados tanto en Bisley Watersheds como en El Verde. Las muestras, que consisten cada una de 0.5 m² y de cuatro capas sucesivas de 10 cm de profundidad, fueron seleccionados al azar siguiendo la topografía del lugar. Muestras de suelo de cada capa de 10 cm se analizarán para determinar el

contenido de la materia orgánica, pH, humedad, nutrientes y textura. La cantidad de hojarasca cubriendo el área de muestreo y su contenido de agua también serán determinados. Las lombrices se han extraído por sorteo manual de la hojarasca y de las capas de suelo. Serán pesadas y medidas, y se estudiará la morfología y el contenido de sus tubos digestivos.

Se espera que los datos recogidos en cada lugar brinden información sobre la diversidad de las lombrices, la biología, abundancia y biomasa de las especies, asociaciones interespecíficas, estratificación vertical, categorías morfo-ecológicas, patrones espaciales, e intersección de nichos. Los resultados obtenidos en Bisley serán comparados con los de El Verde. Finalmente, los resultados de esta investigación se compararán con los obtenidos en otros bosques tropicales.

LITERATURA CITADA

- Borges, S. y A.G. Moreno. 1989a. Nuevas especies del género *Estherella* Gates, 1970 (Oligochaeta: Glossoscolecidae) para Puerto Rico. Bolletino del Museo Regionale di Scienze Naturali Torino, 7(2):383-399.
- Borges, S. y A.G. Moreno. 1989b. Nuevas especies y un nuevo subgénero del género *Pontoscolex* Schmarda, 1861 (Oligochaeta: Glossoscolecidae) para Puerto Rico. Bolletino del Museo Regionale di Scienze Naturali Torino, 7(2).
- Borges, S. y A.G. Moreno. 1991. Nuevas especies del género *Trigaster* Benham, 1886 (Oligochaeta: Octochaetidae) para Puerto Rico. Bolletino del Museo Regionale di Scienze Naturali Torino, 9(1):39-54.
- Fragoso, C. 1989. Las lombrices de tierra de la reserva "El Cielo": aspectos ecológicos y sistemáticos. Biotam 1(1):38-44.
- Fragoso, C. y P. Lavelle. 1987. The earthworm community of a Mexican tropical rain forest (Chajul, Chiapas). Pp. 282-295. En: A.M. Bonvincini and P. Omodeo, eds. On earthworms: selected symposia and monographs. pp. 282-295.
- Gates, G.E. 1962. On a new species of the earthworm genus *Trigaster* Benham, 1886 (Octochaetidae). Breviora No. 178. 4 p.
- Gates, G.E. 1970. On a new species in a new genus from Puerto Rico. Breviora No. 356. 11 p.
- James, S.W. 1991. New species of earthworms from Puerto Rico, with a redefinition of the genus *Trigaster* (Oligochaeta: Megascolecidae). Transaction of the American Microscopical Society 110(4):337-353.
- Lee, K.E. 1985. *Earthworms. Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use*. Academic Press, Australia. xvii + 411 pp.
- Lyford, W.H. 1969. The ecology of the elfin forest in Puerto Rico, 7. Soil, root, and earthworm relationships. Journal of the Arnold Arboretum 50:210-224.
- Nemeth, A. y R. Herrera. 1982. Earthworm populations in a Venezuelan tropical rain forest. Pedobiología 23:437-443.
- Odum, H.T., y Robert F. Pigeon. ed. 1970. *A Tropical Rain Forest. A study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico*. USAEC, Division of Technical Information Extension, Oakridge, Tennessee.

INVESTIGACIÓN Y MANEJO FORESTAL

Peter L. Weaver
Investigador Forestal

Islas Vírgenes de los Estados Unidos

Unabreve historia sobre las investigaciones del Servicio Forestal de los Estados Unidos en el Parque Nacional de las Islas Vírgenes fue resumida para los lectores de *Park Science* (Weaver 1992a). La investigación del Servicio Forestal Federal comenzó en las Islas Vírgenes de los Estados Unidos en 1982 cuando la vegetación de St. John fue medida, clasificada de acuerdo a los tipos de vegetación principales y ubicada en mapas.

Los estudios ecológicos a largo plazo fueron iniciados en 1983 cuando 16 parcelas con medidas de 10 por 50 m fueron establecidas en la cuenca de Cinnamon Bay. Las parcelas fueron estratificadas por posición topográfica (cresta, pendiente y valle) a elevaciones de 60, 120, 180, 210 y 240 m, con la parcela más alta localizada cerca de la cima de la cuenca. Los diámetros y las alturas de los árboles de todas las especies ≥ 4 cm fueron medidas. Los datos fueron subsecuentemente usados para explorar las relaciones entre especie y lugar usando promedio recíproco y ordenamiento polar. Todas las parcelas fueron remedidas en 1988 cuando las tasas de crecimiento (diámetro y alturas de árboles) fueron estimadas por especie, tipo de copa, topografía y elevación.

También se realizaron otros estudios que incluyen daños forestales relacionados al huracán Hugo en septiembre de 1989 y productividad forestal (hojarasca, acumulación de biomasa y herbivorismo) durante 1992. Los resultados de estos estudios serán publicados en futuros artículos.

Puerto Rico

Las montañas de Luquillo se elevan a 1,075 m en el noreste de Puerto Rico. Ascendiendo las montañas, cuatro tipos de bosques son

encontrados principalmente: tabonuco entre 150 y 600 m; colorado, de 600 a 900 m; enano, de 900 a 1,075 m; y palma de sierra, esparcido por barrancas y por pendientes empinadas sobre 500 m de elevación.

Dos estudios fueron realizados en las Montañas de Luquillo. En el primero, 20 especies de árboles que alcanzaban el tamaño de dosel en algunas partes del bosque colorado fueron comparados utilizando cuatro índices: densidad relativa de plántulas; densidad relativa de tallos del sotobosque; gravedad específica de la madera; y tamaño de semillas (Weaver 1992b). Los árboles fueron ordenados separadamente utilizando cada una de esas características. Un ordenamiento compuesto utilizando todas las cuatro características fue entonces trazado, se pusieron en lista todas las 20 especies desde la más secundaria hasta la más primaria en tipo ecológico. Información autoecológica existente (e.g., distribuciones de clases de diámetro y cambios en números de árboles y en áreas basales durante un período de 35 años) tienden a confirmar el ordenamiento de árboles. Hasta que estudios más detallados estén disponibles el ordenamiento de estas especies constituye el primer paso útil en la exploración de los tipos ecológicos del dosel de las especies de árboles en el bosque colorado.

En el segundo estudio, los datos de peso seco de la biomasa derivados de los estudios de 116 árboles de 45 especies en los bosques de tabonuco, colorado, y enano fueron usados para desarrollar ecuaciones de regresión (Weaver y Gillespie 1992). La biomasa total de encima del suelo y la biomasa leñosa de encima del suelo (kg por árbol) fueron determinadas como una función del diámetro del árbol (D en cm), con D como el único predictor. La biomasa total y la biomasa leñosa de encima del suelo fueron también determinadas como una función de $D^2 \times H$ (altura en m).

Los bosques montanos de Puerto Rico son similares a los montanos de las otras islas del Caribe en términos de fisonomía de árboles y composición de especies. Hasta que haya más conocimiento de especies de árboles que estén disponibles para otras islas caribeñas, las ecuaciones presentes podrían ser útiles para estimar la biomasa total de encima del suelo y la biomasa leñosa de encima del suelo para los bosques del Caribe.

Plantaciones en Línea

La plantación en línea, mencionada por primera vez en la Carta Anual de 1989-90 (Weaver *et al.* 1990) se está llevando a cabo en Grenada, en la República Dominicana y en Venezuela. En Grenada, cerca de 2 ha de híbrido de *Swietenia* (caoba) han sido plantadas con éxito en un bosque secundario degradado en Gran Bras. Las actividades de plantación fueron llevadas a cabo cooperativamente entre la División Forestal de Grenada y los Cuerpos de Paz en tierras gubernamentales. Expansiones del programa a otras áreas, en particular Gran Bacolet, han sido consideradas.

En la República Dominicana, cerca de 6 ha han sido plantadas en línea a unos pocos kilómetros de Maiman en la región del Cibao. Algunas especies fueron usadas incluyendo el híbrido de *Swietenia*. *Hibiscus elatus* (mahoe azul), *Simaruba glauca* (llamado localmente Juan Primero), *Cedrela ororata* (cedro), *Acacia mangium*, y una especie local conocida como cabirma (posiblemente *Guarea guidonia*). Las plantaciones

fueron establecidas en terrenos privados en cooperación con voluntarios del Cuerpo de Paz.

En Venezuela, cerca de 20 ha han sido plantadas con una mezcla de *Swietenia macrophylla* y *Cordia alliodora* por SEFORVEN (el Servicio Forestal de Venezuela) trabajando en conjunto con compañías privadas. Las caobas fueron sembradas en intervalos de 1 por cada 10 árboles en la mitad del terreno, y 1 por cada 15 árboles en el resto, en un intento por eliminar la infestación del barrenador de la caoba. Un mantenimiento regular es desarrollado en los tres países.

LITERATURA CITADA

- Weaver, P.L. 1992a. Forest Service research in Virgin Islands National Park. *Park Science* 12(2):4-5.
- Weaver, P.L. 1992b. An ecological comparison of canopy trees in the montane rain forest of Puerto Rico's Luquillo Mountains. *Caribbean Journal of Science* 28(1-2):62-69.
- Weaver, P.L. y A.J.R. Gillespie. 1992. Biomass equations for the forests of the Luquillo Mountains, Puerto Rico. *Commonwealth Forestry Review* 71(1):35-39.
- Weaver, P.L., G. Zepeda, A. Rodríguez, D. Sims, J. Bauer, D. Jiménez, R. Lea, D. Mengel y B. Bayle. 1990. Technology transfer plan: line planting. *Cooperative Forestry, Región 8*. Atlanta, GA. 19 p.

ECOLOGÍA SOCIAL

Robert Walker
Economista

La sostenibilidad se ha convertido en un tema importante de la planificación del desarrollo y surge un consenso en cuanto a que la ausencia de relaciones sostenibles entre las poblaciones humanas y la naturaleza acabarán por socavar los niveles de vida y tal vez lleven a severos impactos ambientales a escala regional y hasta mundial. Estas preocupaciones son particularmente pronunciadas en el caso de los llamados países en desarrollo, con grandes poblaciones agrícolas y extensas zonas de bosque tropical, que son de importancia clave para el mantenimiento de la biodiversidad y el ciclo de carbón global.

Un fundamento importante de la economía forestal es el trabajo de Faustmann, quien enunció un modelo de rotación óptima en un horizonte infinito de tiempo, extendiendo de esta forma el marco de período único de Fisher (véase Hirshleifer 1970). El modelo indica el período de rotación que maximiza el regreso a la tierra y, por lo tanto, implica un esquema de optimización para el manejo de los bosques. Siempre que los derechos de propiedad estén bien asignados, el sistema de Faustmann provee un sistema de manejo forestal, en particular un tiempo y un período para la recuperación ecológica.

Ante los espectros gemelos de pobreza rural y derechos de propiedad ambiguos surge una situación más compleja. En el marco de países tropicales, los medioambientes institucionales pueden socavar los esfuerzos por lograr rotaciones óptimas (Palin 1980, Tirole 1988, Brookfield y Byron 1990), dadas la hambruna de suelos y los problemas asociados con una movilidad forestal invasora (Walker y Smith 1993). Evidentemente se necesita una dimensión de política social a fin de garantizar la sostenibilidad de los bosques y no sólo la identificación de rotaciones óptimas basadas en información ecológica y del mercado (Nair 1991).

Las investigaciones actuales del grupo de ecología social evalúan la demanda de tierras por productores a pequeña escala en las proximidades de las reservas forestales de Brasil. El propósito es identificar los factores que llevan a un uso de suelos sostenible, de manera que los brasileños a cargo de establecer política puedan ayudar a los encargados del manejo de bosques en la importante tarea de conservar los recursos forestales. El enfoque investigativo consiste en combinar las actividades de campo con imágenes telesensoreadas en la construcción de modelos econométricos.

Un análisis preliminar sugiere que la aversión a los riesgos de los productores a pequeña escala puede estar afectando los niveles de inversión en cosechas perennes y sistemas agroforestales, por lo general considerados convenientes desde la perspectiva de la sostenibilidad. Por otra parte, tal parece que las frecuencias de movilidad de los agricultores a pequeña escala son bajas, lo cual pone en duda el modelo de movilidad forestal invasora de Myers *et al.* 1980.

LITERATURA CITADA

- Brookfield, H. y Y. Byron. 1990. Deforestation and timber extraction in Borneo and the Malay Peninsula. *Global Environmental Change* 1:42-56.
- Hirshleifer, J. 1970. *Investment, Interest, and capital*. New Jersey, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc.
- Myers, N. 1980. The present status and future prospects of tropical moist forest. *Environmental Conservation* 7:101-114.
- Nair, P.K.R. 1991. State-of-the-art of agroforestry systems. *Forest Ecology and Management* 45:5-29.

Palin, D. 1980. Management of Development Forestry: A Comparative Study of Public Forestry Administration in the Asia-Pacific Region. Rome: FAO.

Tirole, J. 1988. The theory of industrial organization. Cambridge, MA MIT Press.

Walker, R.T. y T.E. Smith. 1993. [In press]. Tropical deforestation and forest management under the system of concession logging: a decision-theoretic analysis. Journal of Regional Science.

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

Frank H. Wadsworth
Investigador Forestal

Una de las publicaciones más ampliamente distribuidas con que contribuye el Instituto es la ISTF NEWS editada para la Sociedad Internacional de Dasonomos Tropicales. Este boletín trimestral, con una extensión de 12 a 20 páginas, se distribuye aproximadamente a 2,000 miembros, ya sea en inglés o en español. Alrededor de la mitad de los recipientes reside fuera de los Estados Unidos. El boletín contiene una sinópsis de la literatura más importante que llega al Instituto en Río Piedras o a las oficinas principales del ISTF en Washington, DC. Incluye resúmenes de artículos aparecidos en revistas técnicas y órganos noticiosos, anuncios sobre actividades venideras, descripciones de nuevas publicaciones de importancia y resúmenes de estadísticas útiles. El boletín contiene un directorio anual que fomenta la comunicación entre miembros distantes. El mismo genera un intercambio cada vez mayor de correspondencia entre personas interesadas, desde un punto de vista profesional, en la dasonomía tropical.

Durante este año la tarea que ocupó mayor tiempo en términos de la transferencia de tecnología fue nuestra participación en el Equipo Interdisciplinario que revisó el Plan de Manejo del Bosque Nacional del Caribe. Esta revisión, que debió tratar con ocho impugnaciones a una apelación a un borrador anterior del documento, incluye una declaración de impacto ambiental completa y destaca cinco diferentes aspectos de uso, desde el uso selvático al recreativo y a la extracción maderera, durante los próximos 50 años. En el aspecto investigativo el interés radica en la retención de diferentes áreas no alteradas para trabajos científicos previsibles. Expuesto en repetidas ocasiones durante su preparación ante la consideración de miembros interesados del público local, se espera que en pocos meses el documento revisado se someta al público en general para sus comentarios.

Se llevaron a cabo consultorías internacionales relacionadas con la transferencia de tecnología en Dominica, Costa Rica, Ginebra, México y Hawaii. En Dominica la cesión por parte del Departamento de Dasonomía de un área experimental de 270 acres de bosque de árboles de edad madura al Instituto Caribeño de Recursos Naturales llevó a ordenar un plan y programa de manejo. Se seleccionó un ciclo de corta de 15 años para cosechas parciales usando información de Puerto Rico. El terreno se ha dividido en 15 áreas anuales. Un inventario muestra la composición de los rodales. La participación de aserradores dominicanos capaces de cortar y serrar troncos en tablas bien fabricadas en el tocón, permitirá evitar las remociones de alto volumen y el daño a los rodales que conlleva la corta mecanizada. El plan tentativo propone una corta anual de 1/3 del área basal en árboles con 30 cm dbh o más (árboles maduros o árboles que alcanzarán su madurez en una o dos cortas). Esto garantiza por lo menos tres cortas parciales de árboles ya visibles, y no requiere que se corten árboles aún pequeños hasta cumplidas dos cortas adicionales, o dentro de 45 años. El inventario sugiere que el rodal con menos de 30 cm dbh actualmente cuenta con un abasto suficiente de árboles de especies aprovechables como para garantizar un rendimiento sostenido.

En Costa Rica se analizaron las mediciones de crecimiento de especies de árboles maderables seleccionados en bosques secundarios de Pérez Zeledón cerca de San Isidro. Estas mediciones mostraron aumentos sumamente significativos en el porcentaje de incremento de área basal por árbol para árboles aprovechables en un período de apenas 17 meses después de la corta o liberación. Para 168 árboles no liberados, el incremento por árbol en área basimétrica a los 17 meses alcanzó un promedio de 2.3 porciento al año, en comparación con 4.6

por ciento para los 143 árboles liberados. Esta relación se mantuvo luego de transcurridos 52 meses. Se dio una tendencia hacia un aumento en el incremento porcentual por grado de liberación, lo que sugiere que los árboles reprimidos pueden poseer la capacidad latente (copas y sistemas radicales no usados a cabalidad) para responder a la liberación. El promedio anual de incrementos de 17 meses para los 17 árboles reprimidos que fueron liberados hasta recibir iluminación completa fue de 6.7 por ciento. La operación, auspiciada por Coopemadereros y dirigida por Ian Hutchinson de CATIE en Turrialba, removió madera suficiente para pagar los costos de liberación.

La misión de Ginebra consistió en formar parte de un Grupo de Trabajo de ITTO para desarrollar guías para la conservación de la diversidad biológica en bosques tropicales de producción maderera. Este grupo preparó apéndices para unas guías de ITTO anteriormente publicadas para la producción sostenible de madera, que proveen salvaguardas de biodiversidad las cuales se incorporarán en una edición futura.

En México participamos, como miembros del Grupo de Estudio Silvicultural de la Comisión de Bosques de Norte América, en un taller celebrado en Chetumal, Quintana Roo que trató con los aspectos ambientales de la silvicultura de los bosques secundarios. Se utilizó información de América Central, Malasia y Puerto Rico para presentar técnicas de perfeccionamiento de bosques enfocando en la producción maderera con impactos ambientales mínimos, incluyendo dejar árboles no competitivos de especies no maderables, y maximizar la diversidad de la composición de futuras cosechas de madera.

En Hawaii se llevó a cabo una revisión del programa de investigación y dasonomía cooperativa del Instituto de Dasonomía de las Islas del Pacífico del Servicio Forestal. El representante del ITF en el equipo de revisión comparó las condiciones en el Caribe y el Pacífico que contribuyeron a las propuestas para desarrollar el programa allí. Fue obvio que sería recomendable programar visitas entre científicos de los dos institutos, en particular aquellos dedicados al manejo de ecosistemas y la reforestación.

ESTUDIOS DE LAS CUENCAS

F. N. Scatena
Hidrólogo

Durante el año 1992, el Instituto no solamente expandió el alcance de los estudios de las cuencas, sino que continuó su investigación en la reorganización del ecosistema del Bosque de Bisley después del disturbio por el huracán Hugo. Estos estudios continuos incluyen el monitoreo de las propiedades ecológicas, hidrológicas y climáticas de las cuencas, el muestreo de la vegetación herbácea y la regeneración subsiguiente al huracán Hugo, estudios de fenología e historias dividida. Nuevos esfuerzos han incluido estudios sobre la dinámica ribereñas, geomorfología de los planos inundables, paleoecología y modelaje de ecosistemas.

La importancia de las áreas ribereñas para la función de estos ecosistemas montañosos se ha señalado en publicaciones sobre los solubles del subsuelo y flujos de nitratos de óxido de las áreas ribereñas (Bowden *et al.* 1992, McDowell *et al.* 1992). Estos estudios indican que la exportación hidrológica de nitrógeno y otros solubles es controlada por la intensa actividad biótica en la zona inundables de los ríos, pero la geomorfología local parece que modifica fuertemente la importancia de procesos bióticos específicos. La importancia regional de estos estudios, al igual que las características regionales de los riachuelos se han resumido en publicaciones sobre la morfología y sedimentación de los riachuelos montañosos del Caribe (Ahmad *et al.* 1993). Artículos adicionales sobre los derrumbes ocasionados por el huracán Hugo (Larsen y Torres-Sánchez 1992) y el daño a la vegetación del Bosque de Bisley (Basnet *et al.* 1992) también se publicaron este año.

Investigaciones de las cuencas fuera del área de las cuencas de Bisley también han incrementado en importancia. Paleo-ecología

de semillas y polen de pequeños "cilindros", tomados de los planos inundables del Río Mameyes y el Bosque Enano, demuestra la dinámica y naturaleza recuperante de este paisaje (Hilgartner *et al.* 1992). Fósiles de semillas y polen en un cilindro extraído de un área pantanosa dominada por *Pterocarpus officinalis* cerca del Río Mameyes revelan una clara transición de una vegetación herbácea intolerante a la sombra, a una arbórea, de dosel cerrado. La exactitud de los datos estratigráficos en reproducir la sucesión después de un disturbio refuerza la importancia de los análisis paleo-ecológicos en los estudios a largo plazo sobre sucesión.

Modelos existentes de ecosistemas desarrollados para el Bosque LEF fueron compilados y descritos en la publicación Estudio a largo plazo Ecológico de Luquillo (Everham *et al.* 1992). Así mismo, un modelo de ecosistema basado geográficamente y su aplicación al balance de carbón en el Bosque de Luquillo de Bisley también se desarrolló y publicó (Hall *et al.* 1992). Estos modelos indican la habilidad de los modelos simulados para integrar ideas y observaciones de campo al igual que de resolver complejos problemas de manejo.

También se han continuado los estudios sobre la recuperación del ecosistema de Bisley después de la completa defoliación del bosque. Después de casi tres años, la hojarasca casi ha regresado a su nivel pre-huracán, mientras que la caída de madera fina todavía se considera inferior a los niveles pre-huracán (fig. 1 y 2). Conocimientos adicionales sobre el rol de Briófitas (Sastre-De Jesús 1992); epífitas y cambios climáticos (Lugo y Scatena 1992), y biomasa antes y después del huracán Hugo (Scatena *et al.* 1993) en el Bosque de Luquillo también se han publicado.

LITERATURA CITADA

- Ahmad, R., F.N. Scatena y A. Gupta. 1993. Morphology and sedimentation in Caribbean montane streams: examples from Jamaica and Puerto Rico. *Sedimentary Geology* 85:157-169.
- Basnet, K., G.E. Likens, F.N. Scatena y A.E. Lugo. 1992. Hurricane Hugo: damage to a tropical rain forest in Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology* 8:47-55.
- Bowden, W.B., W.H. McDowell, C.E. Asbury y A.M. Finley. [In press]. Riparian nitrogen dynamics in two geomorphology distinct tropical rain forest watersheds: nitrous oxide fluxes. *Biogeochemistry*.
- Everham, E., R. Waide y F.N. Scatena. 1992. Field guide to the ecosystem models of the Luquillo Experimental Forest long term research site.
- Hall, C.A.S., M.R. Taylor y E. Everham. 1992. A geographically based Ecosystem Model and its application to the carbon balance of the Luquillo Forest, Puerto Rico. *Water, Air, and Soil Pollution* 64:385-405.
- Hilgartner, W.B., G.S. Brush y F.N. Scatena. 1992. A paleoecological history of hurricane succession in the Luquillo Mountains, Puerto Rico.
- Larsen, M.C. y A.J. Torres-Sánchez. 1992. Landslides Triggered by Hurricane Hugo in Eastern Puerto Rico, September 1989. *Caribbean Journal of Science* Vol. 28, No. 3-4, 113-125.
- Lugo, A.E. y F.N. Scatena. 1992. Epiphytes and Climate Change Research in the Caribbean: A proposal. *Selbyana* 13:123-130.
- McDowell, W.H., W.B. Bowden y C.E. Asbury. [In press]. Riparian nitrogen dynamics in two geomorphology distinct tropical rain forest watersheds: subsurface solute patterns. *Biogeochemistry*.
- Sastre-De Jesús, I. 1992. Estudios preliminares sobre comunidades de briófitas en troncos en descomposición en el bosque subtropical lluvioso de Puerto Rico. *Tropical Bryology* 6:181-192.
- Scatena, F.N., W. Silver, T. Siccama, A. Johnson y M.J. Sánchez. 1993. Biomass and nutrient content of the Bisley Experimental Watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico, before and after Hurricane Hugo, 1989. *Biotropica* 25(1):15-27.

LABORATORIO DE QUÍMICA

Mary Jeane Sánchez
Química

El laboratorio del Instituto de Dasonomía Tropical comenzó en 1981 bajo la supervisión del Dr. Jorge Frangi, investigador visitante de Argentina. Cuando el doctor Frangi terminó su año de estudio, el laboratorio se quedó a cargo de una estudiante de química. Hoy en día hay un grupo permanente de 3 químicos y un estudiante a tiempo parcial. El laboratorio tiene la capacidad de analizar nutrientes totales y disponibles en muestras de suelo y vegetación. Algunos de estos análisis son: aluminio, calcio, fósforo, hierro, magnesio, manganeso, materia

orgánica, nitrógeno y potasio. En 1981 se hicieron 93 análisis por dos investigadores. En 1992 se hicieron 28,509 análisis para 18 proyectos (figura 1). De estos 18 proyectos, seis correspondieron a colaboradores internacionales en Brasil, Venezuela, Argentina y China (tabla 1). El 70 por ciento de los análisis que se hacen en el laboratorio son de tejido vegetal y el 30 por ciento restante corresponden a muestras de suelo. El laboratorio está en crecimiento y se espera que pronto tenga la capacidad de analizar muestras de agua y aire.

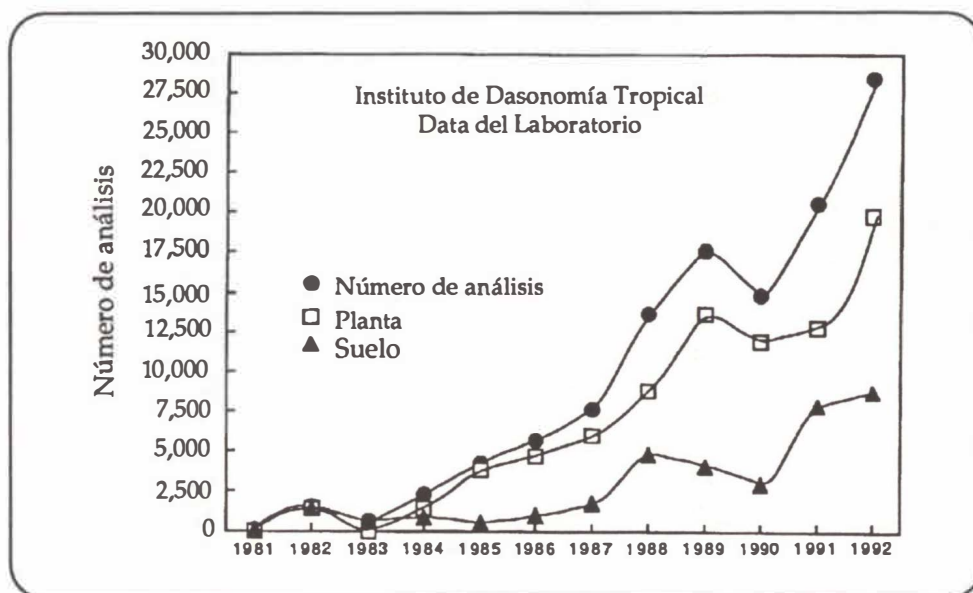


Tabla 1. -Análisis químicos hechos en el laboratorio de química del Instituto de Dasonomía Tropical en 1992.

Análisis	Científicos ITF		Otros Científicos				Total
			en Puerto Rico		Internacional		
			Suelo	Plantas	Suelo	Plantas	
Total A1	620	279	15	255	166	1,097	2,432
B	-*	-	-	-	10	221	231
Ca	606	216	15	248	117	1,084	2,286

Tabla 1. (cont'd).

Análisis	Científicos ITF		Otros Científicos				
			en Puerto Rico		Internacional		Total
	Suelo	Plantas	Suelo	Plantas	Suelo	Plantas	
Co	-	-	-	-	15	296	311
Cr	-	-	-	-	15	296	311
Cu	-	-	-	-	15	370	385
Fe	618	257	15	248	166	1,090	2,394
K	581	216	15	248	117	1,072	2,249
Mg	580	216	15	248	117	1,071	2,247
Mn	618	216	15	255	117	1,095	2,316
Mo	-	-	-	-	-	174	174
N	205	345	15	180	37	448	1,230
Na	-	176			5	549	730
Ni		-	-	-	15	296	311
P	606	216	15	248	117	1,073	2,275
Zn					15	304	319
Ceniza	-	128	-			855	983
Densidad aparente	72	-	658				730
Pérdida en ignición	18	-	94		86		198
Humedad	400	-	695				1,095
Materia orgánica	70	-	994		10		1,074
pH(H2O)	194	-	964		33		1,191
pH(KC1)	106	-	964		33		1103
Intercambiable							
Acidez	22	-	14		10		46
Al	289	-			12		301
Ca	311	-	14		30		355
Co					4		4
Cr					4		4
Cu					4		4
Fe	119	-	15		40		174
K	119	-	15		46		180
Mg	311	-	14		38		363
Mn	311	-	15		54		380
Na		-	14		14		28
Ni					4		4
p	22	-	15		54		91
Número de análisis	6,798	2,265	4,605	1,930	1,520	11,391	28,509

*No aplica

INVESTIGACIONES SILVICULTURALES

John K. Francis
Investigador Forestal

Durante el último año, la investigación de silvicultura en plantaciones entró a una etapa final de integración en el ITF. El trabajo de campo requerido para ubicar y evaluar los cientos de especies en plantaciones en Puerto Rico ya está completo y el proceso de reportar los resultados está en marcha. Un resumen completo de especies en plantaciones en Puerto Rico se está ensamblando, así como reportes separados sobre *Swietenia* spp., *Calophyllum calaba*, *Eucalyptus* spp. y *Pinus caribaea*.

Recientemente, un borrador del reporte final de las pruebas de adaptabilidad de especies fue preparado. Unas 37 instalaciones distintas se plantaron entre 1958 y 1966. Después de mediciones iniciales, poco se hizo con ellas hasta 1988. Muchas instalaciones se habían perdido por alguna causa u otra, a través de los años. Sin embargo, 12 quedaron suficientemente repletas con árboles como para justificar su completa medición. Las especies de plantación estandar, *Pinus caribaea* y *Hibiscus elatus* han crecido bien. La favorita *Swietenia macrophylla* no se ha crecido tal como lo esperado y *Tectona grandis* tuvo alta mortalidad y pobre crecimiento bajo las

condiciones de esta prueba. Otras especies que han demostrado crecimiento impresionante en uno o más de los sitios son: *Anthocephalus chinensis*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Eucalyptus saligna*, *E. X bengalore* (probablemente *tereticornis*), *Khaya nyasica*, *K. senegalensis*, *Pterocarpus macrocarpus* y *Schizolobium parahybum*.

El Manual de Silvicultura Tropical, una extensión básica de investigaciones de dasonomía, sigue creciendo a paso firme. Esta serie consiste de monografías cortas sobre las propiedades biológicas, manejo, y los usos de las especies individuales de árboles importantes en Puerto Rico. Estas monografías son publicadas en inglés como unidades con tres perforaciones para acumularse en carpetas al ser publicadas. Al momento, 55 han sido imprimidas y alrededor de 30 están en preparación. Otras 20 especies tropicales están incluidas en el "U.S. Silvics Manual" usándose el mismo formato. Durante el año pasado, se publicaron monografías para 12 nuevas especies (tabla 1).

Tabla 1. -Nuevas especies descritas en la serie "Manual de Silvicultura Tropical" durante el año pasado.

Especies	Autor(es)	Número de publicación
<i>Cupania americana</i>	John K. Francis	SO-ITF-SM-44
<i>Hyeronima clusioides</i>	John K. Francis	SO-ITF-SM-45
<i>Swietenia mahagoni</i>	John K. Francis	SO-ITF-SM-46
<i>Guazuma ulmifolia</i>	John K. Francis	SO-ITF-SM-47
<i>Melicoccus bijugatus</i>	John K. Francis	SO-ITF-SM-48
<i>Acacia farnesiana</i>	John A. Parrotta	SO-ITF-SM-49
<i>Gliricidia sepium</i>	John A. Parrotta	SO-ITF-SM-50
<i>Spondias mombin</i>	John K. Francis	SO-ITF-SM-51
<i>Leucaena leucocephala</i>	John A. Parrotta	SO-ITF-SM-52
<i>Pinus caribaea</i>	John K. Francis	SO-ITF-SM-53
<i>Pinus patula</i>	Andrew J.R. Gillespie	SO-ITF-SM-54
<i>Roystonea borinquena</i>	John K. Francis	SO-ITF-SM-55

INVESTIGACIÓN DE VIDA SILVESTRE

Joseph M. Wunderle, Jr.
Biólogo de Investigación de Vida Silvestre

Durante el año fiscal 1992, se completó un proyecto de investigación de aves migratorias, se inició la exploración de dos proyectos de campo, y varios pequeños proyectos fueron completados.

Distribución de Aves Migratorias Neotropicales Invernando en las Bahamas y en las Antillas Mayores

Una reciente preocupación concerniente al futuro de las aves migratorias estimuló al Fondo Mundial para la Vida Silvestre de los Estados Unidos a proveernos a Robert B. Waide (Centro de Estudios Energéticos y Ambientales, Universidad de Puerto Rico) y a mí con fondos para llevar a cabo un inventario de la distribución invernal de las aves migratorias en las Bahamas y en las Antillas Mayores. Usando tanto censos visuales (recuentos en punto) como redes ornitológicas inventariamos la distribución de migratorios terrestres en 15 tipos de hábitats en 62 sitios en las islas de Andros, New Providence y Great Inagua en las Bahamas; en el Oeste de Cuba, Jamaica, República Dominicana, Puerto Rico y St. John en las Antillas Mayores. Conducimos el estudio durante los meses de noviembre a marzo de 1986, y terminamos el mismo en enero de 1992.

Durante nuestro estudio detectamos 150 especies, de las cuales el 23 por ciento fueron aves migratorias neotropicales. La mayoría de estas especies (74 por ciento) fueron aves de la subfamilia Parulinae en la familia Emberizidae. Un esperado descenso en la abundancia total a medida que aumenta la distancia desde Norteamérica y disminuye el tamaño de la isla fue débilmente apoyado. El hecho de que la riqueza de especies no variara con la distancia ni con el tamaño de las islas sugiere que otros

factores son más importantes en la composición de la distribución de las aves migratorias (fig. 1). No se encontró ninguna relación consistente entre la abundancia y la distribución de aves migratorias y residentes, y ninguno de los dos grupos difieren en su grado de especialización en el uso del hábitat.

En las Bahamas, el conteo mayor de aves migratorias ocurrió en un matorral semiseco y en una área residencial, mientras que la riqueza de especies fue mayor en el matorral seco y menor en pinares. En las Antillas Mayores, los conteos mayores ocurrieron en manglares, café de sombra y en bosques secundarios húmedos. Los hábitats secos tuvieron usualmente menor cantidad de individuos, pero algunos fueron relativamente ricos en especies.

Muchos migratorios invernán en islas densamente pobladas que han sido deforestadas extensivamente. Estimados actuales indican que en promedio, el 21 por ciento del terreno, o aproximadamente 5 millones de hectáreas, se mantienen boscosas en el Caribe y las Bahamas, indicando que la mayor parte de la deforestación ya ha ocurrido. Aún cuando la reforestación se está llevando a cabo en algunas islas (Puerto Rico, Cuba y algunas islas de las Bahamas, por ejemplo), muchos fragmentos remanentes de bosques están amenazados por el ser humano o por disturbios naturales tales como huracanes y sequías. Por lo tanto, migratorios que necesitan bosques con un dosel cerrado están en mayor riesgo de perder su hábitat, mientras que especies que requieren etapas de sucesión tempranas no están en riesgo, asumiendo que los usos de pesticidas no aumenten. Políticas públicas que protejan los bosques serán beneficiosas para las aves migratorias y residentes por igual (Wunderle y Waide 1992).

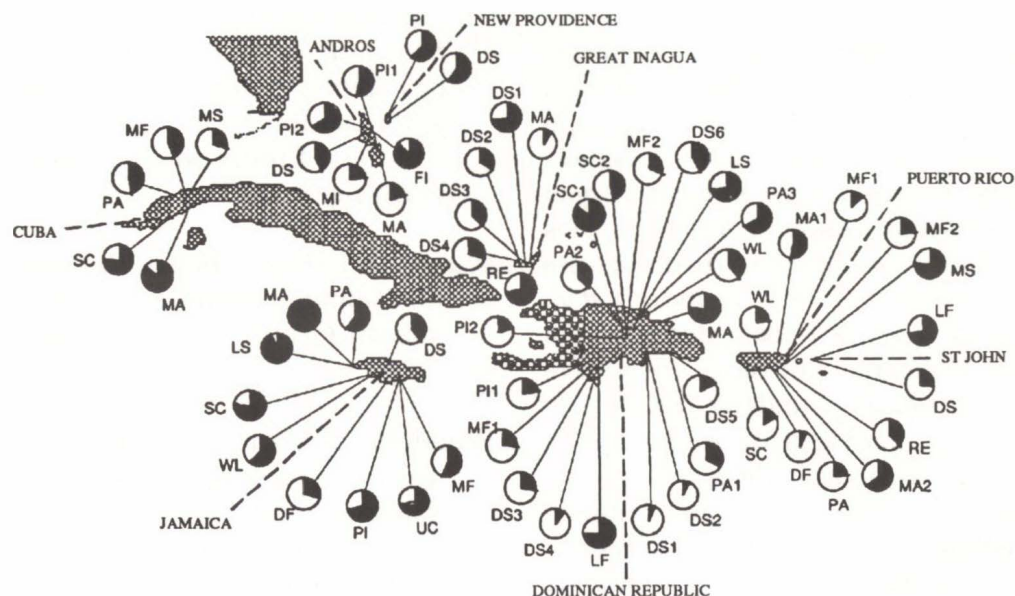


Figura 1. -Porcentaje de punto de conteo de un radio de 25-m en donde la invernación de las aves terrestres neotropicales fueron detectados en las Bahamas (Andros, Nueva Providencia, Gran Inagua) y las Antillas Mayores (Cuba, Jamaica, República Dominicana, Puerto Rico, St. John) durante noviembre a marzo de 1986-1992. La parte negra de los círculos indica el porcentaje de puntos con migrantes en habitats designados por dos letras. DS, matorrales en piedra caliza seca; DF, bosque seco calizo; FI, campo de arbustos; LF, bosque de borde de tierra baja; LS, crecimiento secundario de tierra baja; MA, mangle; MI, combinación de matorrales y pinos; MF, bosque montano de hoja ancha; MS, crecimiento secundario montano; PA, pastizales; PI, pino; RE, residencial; SC, café de sombra; UC, café de sol; WL, bosque húmedo calizo. Los habitats muestreados en más de una ubicación en la misma isla están indicados por números.

Distribución Invernal y Supervivencia de Aves Migratorias Neotropicales en Pequeñas y Grandes Plantaciones de Café en la República Dominicana

Durante tres semanas en febrero de 1992 se realizó muestreo de la abundancia y distribución de aves migratorias en plantaciones de café de sombra en la Cordillera Central de la República Dominicana. Encontramos que las aves migratorias, especialmente *Mniotilta varia*, *Dendroica tigrinum*, *D. caerulescens*, *Setophaga ruticilla* y *Seiurus aurocapillus* fueron abundantes en las plantaciones de café de sombra. Incluso algunas de las más pequeñas plantaciones de café (0.5 ha) tenían una alta abundancia de

migratorias. Estas observaciones sugieren preliminarmente que la fragmentación del hábitat no afecta la abundancia de aves migratorias. Sin embargo, necesitamos saber si la supervivencia de las aves en estas pequeñas plantaciones decafé es similar a la supervivencia en las plantaciones grandes. Este es uno de los asuntos claves en la biología de conservación: ¿Qué efectos tiene la fragmentación del hábitat sobre la supervivencia y la abundancia de la vida silvestre?. Este problema será el foco de nuestro proyecto de tres años empezando en octubre de 1992 y financiado por la Fundación Nacional de Pesca y Vida Silvestre, con fondos pareados por la Fundación John D. y Catherine T. MacArthur.

Proyectos Adicionales

Un viaje de tres semanas a Manaus, Santarem y Belém en Brasil me permitió conocer posibles colaboradores y visitar localidades en el campo para un futuro proyecto sobre los efectos de la tala selectiva sobre la vida silvestre en el Amazonas. Dos trabajos sobre los efectos de los huracanes fueron publicados durante este período (Ackerman *et al.* 1992, Wunderle *et al.* 1992a), al igual que un trabajo describiendo segregación de habitat por sexo en un ave migratoria neotropical (Wunderle 1992a). Los resultados de un proyecto de investigación envolviendo la participación de estudiantes de la Universidad de Puerto Rico fue también publicado (Wunderle *et al.* 1992b). Finalmente, la reunión de la Sociedad de la Ornitología Caribeña se llevó a cabo en el Viejo San Juan (31 de julio al 5 de agosto de 1992) con un patrocinio parcial del Instituto (Wunderle 1992b).

LITERATURA CITADA

- Ackerman, J.D., L.R. Walker, N. Scatena y J.M. Wunderle, Jr. 1991. Ecological effects of hurricanes. *Bulletin of Ecology Society of America* 72:178-180.
- Wunderle, J.M. 1992a. Sexual habitat segregation in wintering Black-throated Blue Warblers in Puerto Rico. Pp. 299-307 *En: Ecology and conservation of neotropical migrant Landbirds* (J. Hagan y D.P. Johnston, editores), Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Wunderle, J.M., ed. 1992b. Proceedings of the 1992 annual meeting of the Society of Caribbean Ornithology. Old San Juan, PR. 33 p.
- Wunderle, J.M. y R.B. Waide. 1992. Distribution of neotropical migrants in the Bahamas and Greater Antilles. A summary report submitted to World Wildlife Fund U.S. Washington, DC. 70 p.
- Wunderle, J.M., Jr., D.J. Lodge y R.B. Waide. 1992a. Short-term effects of Hurricane Gilbert on terrestrial bird populations on Jamaica. *Auk* 109:148-166.
- Wunderle, J.M., R.A. Cortes y W. Carromero. 1992b. Song characteristics and variation in a population of Bananaquits on Puerto Rico. *Condor* 94:680-691.

1991-92
Annual Letter
PUBLICATIONS
Southern Forest Experiment Station
Institute of Tropical Forestry
USDA Forest Service
Call Box 25000
Río Piedras, PR 00928-2500

To obtain copies of publications indicated as available for distribution, please return this request form to the address above with your circled publications.

Para obtener copias de las publicaciones indicadas como disponibles para distribución, favor de circular el número deseado y devolver esta forma a la dirección arriba indicada.

001	013	025	037	049	061	073	085	097	109	121	133	145
002	014	026	038	050	062	074	086	098	110	122	134	146
003	015	027	039	051	063	075	087	099	111	123	135	147
004	016	028	040	052	064	076	088	100	112	124	136	148
005	017	029	041	053	065	077	089	101	113	125	137	149
006	018	030	042	054	066	078	090	102	114	126	138	150
007	019	031	043	055	067	079	091	103	115	127	139	
008	020	032	044	056	068	080	092	104	116	128	140	
009	021	033	045	057	069	081	093	105	117	129	141	
010	022	034	046	058	070	082	094	106	118	130	142	
011	023	035	047	059	071	083	095	107	119	131	143	
012	024	036	048	060	072	084	096	108	120	132	144	

Our regulations require that our mailing list be updated annually. IF ANY CORRECTION OF YOUR ADDRESS IS NECESSARY, PLEASE INDICATE BOTH YOUR CURRENT AND PREVIOUS ADDRESS AS OUR ADDRESSES ARE FILED BY GEOGRAPHICAL LOCATION.

Nuestros reglamentos requieren que la lista de distribución sea revisada anualmente. DESER NECESARIO CORREGIR SU DIRECCION, FAVOR DE INDICARNOS TANTO SU DIRECCION ACTUAL COMO LA ANTERIOR DEBIDO A QUE NUESTRAS DIRECCIONES SON ARCHIVADAS POR LOCALIZACION GEOGRAFICA.

*IF YOU ARE NOT NOW ON OUR MAILING LIST BUT WISH TO BE PLACE ON IT, WRITE YOUR ADDRESS BELOW AND CIRCLE "NEW".

*SI ACTUALMENTE NO SE ENCUENTRA EN NUESTRA LISTA DE DISTRIBUCION PERO DESEA ESTARLO, ESCRIBA SU DIRECCION Y CIRCULE "NEW".

-----	-----
New or Current Address	Previous Address
-----	-----
-----	-----
-----	-----